TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 108-Fevereiro-1940

"LUSALITE"

fibro-cimento nacional

EM

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.DA

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 3948 — 2 8941 — **LISBOA** — Telegramas: Lusalite

Barricas de 180 kilos

Sacos de juta de 50 kilos

Sacos de papel de 50 kilos

Sede: Rua do Caes de Santarem, 64, 1.º — LISBOA
Filial do Norte: Rua Formosa, 297, 1.º — PORTO

AGÊNCIAS EM TODO O PAÍS

NÚMERO
108
Fevereiro—1940

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
MANUEL DUARTE GASPAR
ADMINISTRADOR
CARLOS KRUS ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO
NUNO ABRANTES
CORPO REDACTORIAL
SEBASTIÃO MURTEIRA
FRANCISCO MARQUES MAIA
VASCO MENDES DE SOUSA

NÚMERO AVULSO..... 5$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	12$00	23$00	44$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	30$00	55$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — O novo molhe de Peniche sob um violento temporal.

		Págs.
O problema do melhoramento do acesso ao pôrto de Aveiro	Eng. Duarte Abecasis . . .	567
Cálculo da estrutura duma bancada para um Estádio de betão armado, elaborado pela Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos	Eng. Belard da Fonseca (Prof. do I. S. T.)	579
Considerações de ordem prática e teórica sôbre a condutibilidade de soluções muito concentradas	Dr. Artur de Sousa	603
Algumas considerações sôbre o método de Poggendorff . .	Vasco Mendes de Sousa . .	606
Caldeiras de alta pressão . . .	H. Vila Nova do Valle . . .	610
Do Mundo Técnico		615
Publicações recebidas		619

Sociedade de Empreitadas

e Trabalhos Hidráulicos, L.da

EMPREITADAS

E

CONSTRUÇÕES

RUA DOS BACALHOEIROS, 125-2.º // LISBOA

TELEFONES 20879/22702—TELEGRAMAS: CONTRATOS

Publicações da TÉCNICA

Modernas Concepções da Mecânica
Prof. MIRA FERNANDES

Viga de Comprimento finito assente sôbre terreno elástico
Prof. G. MAGNEL

Tabelas de Resistência de Materiais
Prof. VICENTE FERREIRA

Ábacos para o Cálculo de Betão Armado
Eng. VASCO COSTA

Regulamento do Betão Armado
(1929)

Regulamento de Pontes Metálicas
(1935)

A venda na redacção da TÉCNICA

EMULSÕES
de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879
Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Standard Electrica

RECTIFICADORES DE SELÉNIO

Rectificadores secos de tôdas as voltagens e amperagens, para tôdas as aplicações. São anti-parasitários e de duração ilimitada. Absolutamente silenciosos, não têm partes móveis e não carecem de qualquer assistência. Ocupam um espaço muito reduzido sendo a sua eficiência superior à dos outros tipos de rectificadores existentes.

PEDIDOS E ESCLARECIMENTOS A:

STANDARD ELECTRICA
PRAÇA DOS RESTAURADORES, 47, 1.º — LISBOA

União Eléctrica Portugueza, S. A.

SEDE SOCIAL

Rua Duque de Loulé, 240 — PORTO

CAPITAL { Acções..... 40:000 contos
Obrigações 30:500 contos

ELECTRICIDADE DO LINDOSO

FORÇA { Hidráulica..... 40:000 HP
Térmica ..... 20:000 HP

Potência já contratada 20:000 HP
Potência disponível... 22:000 HP

Extensão total das linhas em exploração: 1:000 quilómetros

A **U. E. P.** tem as melhores tarifas e concede as maiores facilidades para electrificação de fábricas e para abastecimento de rêdes de distribuïção nos Distritos de: **Viana do Castelo, Braga, Pôrto, Aveiro, Coimbra, Vizeu e Leiria.**

Consultai a U. E. P.

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.

Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

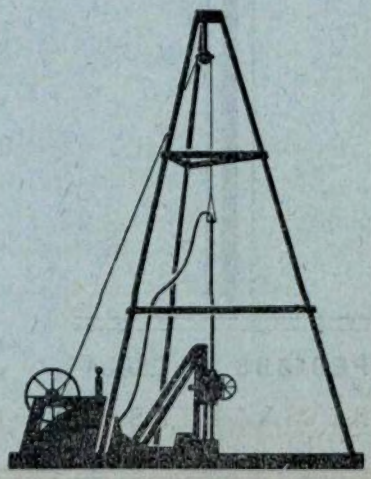
COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «cement gun»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

TÉCNICA

MANUEL DUARTE GASPAR
DIRECTOR

ANO XV - N.º 108 FEVEREIRO 1940

O PROBLEMA DO MELHORAMENTO DO ACESSO AO PÔRTO DE AVEIRO

PELO ENG. DUARTE ABECASIS (I. S. T.)

I — Disposição geral e evolução do relêvo submarino defronte da Ria de Aveiro

A situação geral, quanto ao declive dos fundos submarinos, não é das mais favoráveis, em todo o trôço da costa que, desde a foz do Douro, se estende até à enseada da Nazaré.

Tem esta circunstância uma significação especial, por criar condições bastante desfavoráveis para a resolução do problema do acesso aos estuários da costa por simples dragagens. Não só o canal dragado estaria sujeito a um constante e intenso assoreamento, como a operação da dragagem, em plena costa, muito batida, seria no outono e inverno, impossível e no resto do ano freqüentemente interrompida, perigosa e de fraco rendimento, e custo conseqüentemente muito elevado, ao passo que o volume a dragar seria forçosamente muito elevado, desde que não houvesse obras prolongadas de encaminhamento e resguardo.

Deve em todo o caso dizer-se, quanto às proximidades do pôrto de Aveiro, que a comparação das cartas de 1865 (publicada em 1887) e de 1914, feita a redução das sondas ao mesmo plano de referência, mostra que, neste intervalo de 50 anos, não houve um avanço sensível das batimétricas dos fundos em que deve ficar a entrada do pôrto.

A comparação daquelas duas cartas dá as seguintes indicações, referidas à marca geodésica existente ao Sul do canal da barra, feita a redução ao mesmo plano de referência, o da carta de 1865:

Distâncias à marca geodésica

	Carta de 1865	Carta de 1914
Fundos de (— 6m,00)	780m	600m
» » (— 10m,00)	1.000	1.000
» » (— 11m,00)	1.300	1.350
» » (— 12m,00)	2.000	2.000
» » (— 13m,00)	2.200	2.800
» » (— 15m,00)	2.900	3.300
» » (— 18m,00)	3.500	3.700
» » (— 21m,00)		4.200
» » (— 31m,00)		7.700
» » (— 41m,00)		12.300

Em ambas as cartas se vê, além disto, que a linha dos maiores fundos, na saída do canal da barra de Aveiro, depois do desvio para

NW. que necessàriamente lhe resulta da reflexão no molhe Sul, se dirige para W. S. W., tendência que se verifica, na planta de 1914, ainda nas curvas de ($-9^m,00$) e ($-10^m,00$).

Na carta da Missão Hidrográfica de 1934 verifica-se que as batimétricas, reduzidas as profundidades ao mesmo plano de referência que na carta de 1865, se mantiveram sensìvelmente à mesma distância da costa, com excepção apenas das que ficam acima de ($-6^m,00$). As distâncias à marca geodésica são, com efeito, as seguintes:

Fundos de	Distâncias
($-5^m,61$)	830^m
($-10^m,91$)	1.280
($-11^m,91$)	1.800
($-12^m,91$)	2.100
($-13^m,91$)	2.750

Vê-se nesta carta que o canal, embora ligeiramente reflectido pelo trôço comum dos diques de concentração de correntes e pelo molhe Sul, se dirige logo para W. 10° SW. com fundos mínimos de ($-2^m,00$) referidos ao plano de referência adoptado nesta zona do plano e que fica a $1^m,70$ abaixo do nível médio.

II — Marés - Correntes de maré

O regimen geral das marés na costa está suficientemente definido dentro do grau de sensibilidade que importa para a construção dos portos.

No pôrto de Aveiro há, como se sabe, uma grande redução da amplitude da maré, quando se passa da costa para dentro da ria.

Com efeito, sendo a unidade de altura ao largo da costa de $1^m,60$, os estudos do Engenheiro Hidrógrafo António Maria dos Reis feitos de 1865 a 1869 deram para o valor da mesma na barra (já dentro da ria) $0^m,65$, correspondendo-lhe uma amplitude máxima da maré de $1^m,76$, um pouco inferior a metade da máxima amplitude exterior.

Segundo os mesmos estudos, o estabelecimento do pôrto na barra era às $2^h,25^m$; a duração média da enchente na barra 5 horas e 18 minutos e a da vazante de 7 horas.

Os estudos da Missão Hidrográfica em 1934 dão os seguintes valores:

	Foz	Maregrafo	S. Jacinto
Estabelecimento do porto	$2^h,25^m$	$2^h,25^m$	$3^h,09^m$
Unidade de altura...	$1^m,08$	$0^m,85$	$0^m,54$

A determinação dos perfis instantâneos da maré, caudais nas várias secções, prisma de marés no estuário e outras circunstâncias da propagação da maré constitue um estudo muito interessante, mas são imprescindíveis para a fixação da distância entre as testas dos molhes, a fazer por considerações doutra ordem.

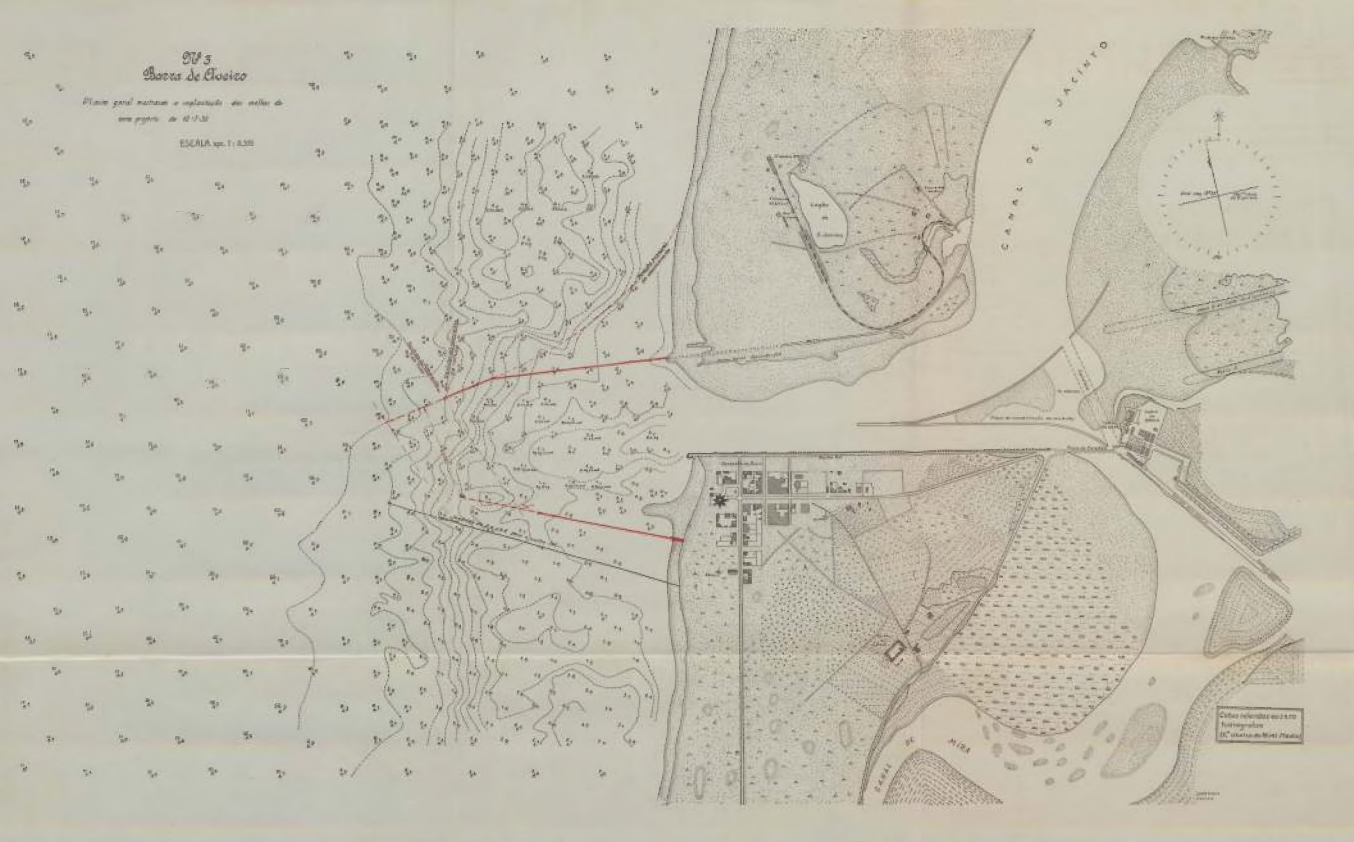
Aqueles elementos são de determinação muito morosa e a mais pequena modificação nas condições da barra altera-os profundamente, podendo afirmar-se que sob a acção das modificações que a natureza produzia nos bancos e passe de acesso antes da construção das últimas obras, o volume de água entrado na ria chegava a variar do simples ao dôbro e ainda, até, por vezes, em certas circunstâncias excepcionais, em muito mais larga proporção.

Mesmo depois da conclusão das obras da primeira fase, ainda se dão variações muito consideráveis, embora já não tão grandes.

O que se pode, contudo afirmar, já pela leitura das escalas de marés, já pelos fenómenos observados nas várias zonas da ria, é que há, nas fases de maior desobstrução do canal, um considerável aumento de amplitude das marés, subindo o nível da P. M. máxima de uns $0^m,20$ e baixando correspondentemente o nível da B. M. máxima.

Pelo que respeita às correntes de maré, concluíu António Maria dos Reis que neste trôço da costa se dirigem: a de enchente, de N. W. para S. E. e a de vazante de N. E. para S. W.

A Missão Hidrográfica, no seu trabalho de 1934, muito poucas observações de correntes exteriores conseguiu fazer. A única observação exterior de corrente de enchente registada no seu plano hidrográfico tem a direcção de, proximamente, W 1/4 S. W. para E 1/4 N. E. e a velocidade de 4 milhas por hora. Aquela é,


N 3
Barra de Aveiro
Planta geral mostrando a exploração das salinas de uma propriedade de 40 ha
ESCALA aps. 1:8.500
CANAL DE S. JACINTO
CANAL DE AVEIRO
Cotas referidas ao nível hydrographico
(0,00 abaixo do Nível Medio)

também, aproximadamente, a direcção que as várias observações feitas dão à corrente de vazante, na zona que se estende até à curva de (— 5^m,00), sendo aí as velocidades variáveis de 3 a 5,5 milhas por hora.

Para fora daquela curva a corrente inflecte-se bruscamente para Sul, tomando a direcção proximamente de N. para S. com velocidade de cêrca de 3 milhas por hora. Pelo que respeita às correntes no interior do canal, em que as velocidades atingidas, de 5,5 e 6 milhas, não representam os máximos que por vezes se observam e que devem chegar a 8, 9 e mesmo 10 milhas em certas condições, nota-se, pela comparação das suas direcções, a notável função regularizadora atingida pelo sistema dos diques de concentração de correntes. Embora não se tivesse atingido no funcionamento desta obra a perfeição ideal, a qual, de resto, não poderia nunca ter estabilidade enquanto os molhes não sejam prolongados de forma a evitarem as oscilações no estado de desobstrução do canal que lhe fica a juzante, é, contudo, muito satisfatória a sua influência.

Várias séries de observações de correntes de marés no exterior e interior foram feitas pelo então director do pôrto, Engenheiro João Ribeiro Coutinho de Lima, figurando no seu ante-projecto de melhoramento da barra e no respectivo apenso os gráficos correspondentes.

Segundo êste Engenheiro a corrente de enchente viria de NW., dirigindo-se a de vazante para SW.

Pelo que fica dito, vê-se que tôdas as observações de todos os engenheiros e hidrógrafos são invariàvelmente concordantes, quanto à saída da vazante em direcções compreendidas entre o W. S. W. e o S. W. devendo esta última ou a de S. S. W., ser a direcção da corrente geral de vazante no exterior. Esta coïncidência é fundamental quanto à justificação das disposições propostas para os molhes exteriores.

Pelo que respeita à corrente de enchente há a notar que as indicações, ainda que restritas, dadas pela Missão Hidrográfica e as primeiras observações feitas pelo Engenheiro Ribeiro de Lima divergem das indicações de António Maria dos Reis e da maior parte das observações daquele mesmo Engenheiro.

Esta circunstância deixa-nos dúvida quanto à verdadeira direcção desta corrente no exterior. Com efeito, em primeiro lugar, a circunstância do forte desnível existente entre a água exterior e a interior, dá lugar, por certo, a um afluxo convergente que fará, na imediata proximidade da barra, com que as correntes de enchente provenham de tôdas as direcções. Como o Engenheiro Ribeiro de Lima, possìvelmente influenciado pelas indicações de António Maria dos Reis e Adolfo Loureiro, lançou quási todos os seus flutuadores a N. W. da barra, dão as suas observações um maior pêso às correntes de enchente vindas de N. W.

É certo que as observações de 20 de Agosto de 1935, apresentam flutuadores que deslocando-se inicialmente de NW. para SE., passam para o Sul da barra e seguem depois para dentro desta, solicitados pelo afluxo a que fizemos referência. Mas não é menos certo que, como se regista no gráfico respectivo, estas trajectórias foram influenciadas pelo vento NW., embora brando.

Já o mesmo se não deu com a observação de 7 de Abril de 1935 em que, com vento Sul fresco, é certo, o flutuador seguiu sempre de SW. para NE. até à proximidade da barra, o mesmo se dando no dia 8 do mesmo mês, com o flutuador que no fim da vazante fêz um circuito em direcções de S. e SW. até ser apanhado pela solicitação do afluxo que o levou para centro do pôrto numa direcção já de NW.

De resto, quási tôdas as trajectórias de enchente são verificadas com ventos de N. ou NW.

Fazem excepção as dos dias 28 de Junho, 7 de Agosto e 18 de Setembro de 1935. Há porém a notar:

1) — quanto às primeiras, que se referem tôdas a flutuadores deitados para N. do eixo do canal e que as direcções das respectivas trajectórias não foram uniformemente de NW., mas nìtidamente convergentes, com direcções variando de NW. a W. 1/4 NW., podendo presumir-se da regularidade da convergência que os flutuadores, que se tivessem deitado para S. do eixo do canal, teriam dado direcções de correntes de enchente de WSW. e de SW.;

2) — que a mesma observação há a fazer quanto às segundas, em que todos os

flutuadores foram deitados muito para N. do eixo do canal;

3) — que a observação de 18 de Setembro de 1935, deve ter sido afectada por qualquer influência estranha, porque dado o forte afluxo que se estabelece sempre no meio da enchente para dentro do canal, não é verosímil que só fôssem chamados para dentro do canal os filetes líquidos entre o que representa a trajectória dêste flutuador e a costa a Norte do canal.

Assim é possível admitir que as indicações sôbre a proveniência de NW. da corrente de enchente sejam afectadas por deficiência das observações e, em todo o caso, que um efectivo predomínio daquela proveniência resulte da grande freqüência dos ventos de N. e NW. e da corrente litoral de N. para S. que êles necessàriamente provocam.

Como não precisa de ser muito forte o vento para que a sua influência predomine sôbre a da corrente de maré, pelo menos sôbre a da corrente superficial que é a acusada pelos flutuadores empregados, as coisas passam-se, em geral, como se a corrente de enchente viesse de NW.

Nota-se das várias observações apresentadas que as velocidades da vazante no exterior do canal são em regra bastante superiores às de enchente. Esta verificação harmoniza-se com a diferença das condições em que se produzem os dois fenómenos: a enchente em correntes convergentes vindas de tôdas as direcções chamadas pela forte depressão interior; a vazante concentrada em uma corrente mais individualizada, orientada do interior e que segue numa direcção muito mais definida.

III — Correntes litorais

Há, como se sabe, o ramo da Gulf-Stream que, com fraca velocidade, percorre a costa portuguesa de Norte para Sul, a algumas milhas da costa. Além desta, há a considerar as correntes litorais produzidas pelos ventos. Os ventos do NE. a NW. que abrangem os rumos largamente reinantes, dão lugar a correntes superficiais de N. e NE. para S. e SW. a que correspondem, possìvelmente, revessas nas águas mais profundas.

Com os ventos fortes de SW. invertem-se os sentidos das correntes, tanto superficiais como profundas. Com ventos fracos e maré a favor, pode o sentido da corrente profunda manter-se o mesmo da corrente superficial, dando-se a revessa ao largo.

Muitas vezes estas correntes mascaram por completo a manifestação da corrente de maré.

De um modo geral pode-se dizer que as correntes litorais produzidas pelos ventos reforçam a acção de arrastamento das aluviões produzidas pelas vagas que do mesmo vento resultam e que é êste, sem dúvida, o elemento preponderante nos deslocamentos das areias ao longo da nossa costa.

IV — Vagas — Sua natureza, direcção e intensidade

Sem entrarmos na reprodução de longos estudos teóricos e mais ou menos especulativos, diremos que, sob o ponto de vista do problema que nos interessa, podemos considerar dois tipos de vagas.

As produzidas pelos ventos moderados e as vagas de temporal. Elas têm, em geral, umas e outras, a direcção dos ventos que as produziram, quer êstes ainda subsistam, quer, por vezes, tenham sido substituídos por ventos fracos de outras direcções.

Sendo, em geral, a direcção da sua propagação oblíqua à costa, resulta do conhecido efeito retardador dos pequenos fundos, uma mudança mais ou menos sensível da direcção da sua propagação à aproximação da costa. Ao passo, porém, que as vagas produzidas pelos ventos moderados, pela sua fraca amplitude, só são afectadas na vizinhança imediata da praia ou chegam mesmo a não ser afectadas, conservando a sua obliquïdade, as grandes vagas de temporal são bastante mais afectadas, tornando-se a sua incidência normal ou quási normal à praia.

Nesta diferença de incidências reside a causa da diferença de efeitos quanto ao deslocamento das aluviões litorais.

As pequenas vagas produzidas pelos ventos reinantes mas moderados influem consideràvelmente no deslocamento das aluviões litorais

pela trajectória zig-zagueante que a obliqüidade da sua incidência imprime aos materiais arrastados.

As vagas produzidas pelos temporais moderados, de amplitudes médias, mas já apreciáveis, podendo conservar ainda uma certa obliqüidade e provocar, portanto, deslocamentos longitudinais, actuam já muitas vezes sob uma outra forma, a dos movimentos em direcção perpendicular à linha de costa, projectando para a parte superior da praia os materiais que levantam dos fundos vizinhos.

As grandes vagas de temporal incidem sempre na normal à linha de praia ou muito pròximamente, porque a sua grande amplitude lhes fêz sofrer muito fora a influência retardadora sôbre a parte mais avançada e a conseqüente rotação. A grande massa de água que projectam para a parte superior da praia dá lugar a uma muito considerável vaga de recuo ou descendente, arrastando grandes quantidades de areia que vão ser depositadas a certa distância da baixamar, formando, por vezes, bancos acentuadamente salientes sôbre o fundo ou, outras vezes, dando apenas um aumento de aspereza ao talude da parte superior, emersa, da praia e um adoçamento ao talude da parte submersa. Podem estas vagas produzir, e muitas vezes produzem, também, apreciáveis deslocamentos longitudinais; mas por um mecanismo diferente e que é o de serem arrastadas pelas fortes correntes longitudinais que os ventos violentos produzem, as enormes quantidades de areia postas em suspensão pela grande agitação de que as águas se acham, então, animadas.

Como se trata de uma costa aberta, não entraremos aqui no estudo dos efeitos das projecções naturais ou artificiais sôbre a propagação das vagas e sôbre a marcha das aluviões. Êsse estudo dá clara e completa explicação a muitos regimens especiais notados em certos trôços da costa, vizinhos dêsses acidentes; mas não nos interessa de momento.

Pelo que respeita à determinação exacta da amplitude das vagas de temporal e dos esforços por elas produzidos, numa costa aberta como esta, sem qualquer obra exterior que sirva de apoio e com uma vasta zona de rebentação e de fortes movimentos dos materiais constituindo os fundos, resultando na impossibilidade de manter bóias ou balizas nas ocasiões em que a sua utilização se tornaria necessária, julgamo-la um problema de resolução impraticável.

Acresce que a mais de um quilómetro da costa já as grandes vagas vêm rebentadas.

Não poderá, por isso, ser tida em consideração a falta destas observações como obstáculo à realização de quaisquer obras exteriores.

De resto, ocorre preguntar quantos são os portos e obras exteriores, de tantas centenas que existem, que foram construidos com o conhecimento prévio e exacto das amplitudes e fôrças máximas de vagas que nas suas localizações se poderiam produzir.

Em casos como estes, as condições de exposição e *de fetch*, ou, por outras palavras, as condições geográficas e meteorológicas e a limitação que possam trazer à livre extensão de desenvolvimento da vaga é que nos elucidam.

Na costa ocidental portuguêsa há que contar com o pior que se possa produzir, só podendo constituir limitação a forma dos fundos submarinos e a localização das obras.

Observámos que sôbre a fundação regularizada da testa do molhe Norte de Aveiro, numa ocasião em que o desassoriamento permitia às vagas de 2 a 3 m. de amplitude, em preamar, virem rebentar sôbre a obra, se deram deslocamentos de cêrca de 1 metro em blocos de cêrca de 30 Tons. de pêso assentes à cota, pròximamente, do nível médio do mar, e desacompanhados de qualquer apoio, mantendo-se, porém, muito bem, nessa mesma situação, um maciço de blocos arrumados do mesmo pêso.

V) Regimen dos ventos e sua acção

A) — Regimen dos ventos

Para o trôço da costa entre o Douro e a Figueira da Foz, dispomos das observações de freqüências e velocidades, abrangendo um largo período, feitas em anemógrafo instalado no farol da Senhora da Luz, em ponto suficientemente alto para dar idéia do regimen local; das observações de freqüências e velocidades feitas nos aparelhos do observatório da Serra do Pilar; das observações de fre-

qüências e velocidades feitas no farol da barra de Aveiro e cujos resultados são apresentados na planta hidrográfica de 1934 da Missão Hidrográfica; finalmente, das observações de freqüência feitas na Figueira da Foz, durante um período de 4 anos, embora já antigas, mas estas, também, de menos importância para o caso que nos interessa.

1) Observações do anemógrafo da Senhora da Luz

Compreendem observações de 1887 a 1916, num período, portanto, de 30 anos. Elas dão-nos o número de horas que soprou o vento de cada rumo e o número de quilómetros percorridos, relativo a cada rumo.

Apresentamos para cada um dos decénios de 1887-1896, 1897-1906 e 1907-1916, os gráficos mensais médios respectivos, assim como os gráficos médios das estações e os gráficos totais médios, tanto para as freqüências como para as velocidades [1].

Vê-se nêsses gráficos como varia a feição meteorológica da costa de uns meses, ou de umas estações para as outras, o que explica as alternativas dos movimentos aluviais. Vê-se, também, como a feição meteorológica do primeiro daqueles decénios foi diferente da feição meteorológica dos dois últimos, as dêstes muito semelhantes, o que explica certas anomalias no regimen de uma costa durante períodos por vezes relativamente longos.

Os gráficos relativos à média dos 30 anos dão idéia do regimen normal dos ventos da costa, de harmonia com as tendências normais da evolução hidrográfica da costa reconhecidas nos últimos séculos.

O mapa junto dá os valores médios da freqüência, velocidade e velocidade média para os diferentes rumos, no período referido e será utilizado para o traçado dos gráficos relativos à determinação das resultantes de cada um daqueles elementos meteorológicos, a considerar para o estudo da marcha litoral das aluviões.

BARRA DO DOURO

ANEMÓGRAFO DA SENHORA DA LUZ

Freqüência e velocidade dos ventos

Médias de 30 anos (1887-1916)

	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
Horas de vento (milhares de horas)	1,71	0,46	0,42	0,46	0,88	0,33	0,30	0,28	0,70	0,42	0,40	0,21	0,23	0,17	0,48	0,81
Velocidades em quilómetros percorridos (milhares de quilómetros)	30,2	6,3	5,6	8,0	16,5	5,4	4,4	5,7	17,9	10,9	9,5	5,0	4,9	3,7	8,8	8,8
Velocidades médias em quilómetros por hora	17,7	13,7	13,3	17,4	18,8	16,4	14,7	20,4	25,6	26,0	23,7	23,8	21,3	21,8	18,3	20,0

2) Observações do anemógrafo da Serra do Pilar

Apresentamos o resumo das freqüências médias registadas durante o período de 10 anos decorrido de 1907 a 1916:

[1] Para não tornar demasiado extenso o artigo, suprimimos os gráficos mensais, deixando apenas os relativos às estações e os totais médios.

Rumos	Média anual em horas
N	464
NNE	123
NE	100
ENE	322
E	884
ESE	1.293
SE	330
SSE	254
S	600
SSW	434
SW	221
WSW	304
W	505
WNW	833
NW	755
NNW	525

Para êste decénio apresentamos também os gráficos das médias mensais da freqüência, os das estações e o da freqüência média anual (V. nota da página 572).

Confrontando-os com os correspondentes do anemógrafo da Senhora da Luz, nota-se uma feição meteorológica diferente, manifestamente conseqüência da influência das localizações. Os registos do anemógrafo da Serra do Pilar dão, de entre os ventos marítimos, um predomínio muito mais acentuado para os rumos do quadrante de Noroeste do que os da Senhora da Luz.

Para o ano de 1934 apresentamos os mapas da freqüência em horas dos diferentes rumos e o das velocidades médias em cada rumo.

Freqüência do vento em horas em 1934

N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
176	242	114	485	998	1.581	118	330	286	574	171	521	252	1.406	402	735

Velocidade média em cada rumo em 1934

MESES	N.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE.	SSE.	S.	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.
Janeiro	—	—	—	25,4	16,9	17,5	—	35,6	34,6	37,8	—	16,1	—	24,6	—	22,6
Fevereiro	40,2	33,8	—	24,3	26,2	18,4	28,6	—	—	—	—	—	9,9	13,1	—	23,1
Março	21,6	21,4	—	22,3	23,2	13,5	—	25,3	19,6	30,0	26,8	43,3	—	36,7	29,3	29,1
Abril	32,7	11,5	—	—	9,4	12,8	11,7	6,6	24,8	36,1	22,0	28,7	18,3	25,4	33,0	31,2
Maio...	—	—	—	23,7	11,5	17,4	—	—	—	23,0	11,7	20,0	—	20,9	11,1	18,6
Junho	—	28,2	—	26,0	17,8	10,4	—	—	21,4	21,1	—	19,4	—	22,6	37,5	26,6
Julho	—	14,7	—	28,2	19,3	6,2	—	20,0	—	14,6	—	18,9	—	20,2	35,3	30,8
Agôsto	—	—	—	—	15,7	9,7	—	—	—	22,3	—	13,9	—	21,7	23,6	30,6
Setembro	—	—	8,4	—	12,0	8,4	—	—	—	13,9	—	12,2	—	17,9	30,0	25,9
Outubro	—	30,8	—	38,2	18,5	16,8	—	19,6	—	20,6	—	—	—	16,7	—	29,7
Novembro	27,7	—	—	22,3	18,6	20,2	—	27,8	—	—	—	—	—	26,4	—	15,7
Dezembro	—	—	—	—	—	20,2	—	30,3	33,3	43,3	28,0	27,4	—	32,1	—	—

Velocidades e rumos das rajadas máximas — 1934

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agôsto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Rumo	NW.	NNW.	NW.	SSE.	W.	N.	NNW.	NW.	NW.	NNW.	WSW.	WNW.
Velocidade Km/h.	90	104,4	136,2	90,8	63,6	64,8	66,5	60,2	60,4	73,1	104,0	141,8

3) Observações da Barra de Aveiro

Das indicações constantes do plano hidrográfico de 1934 levantado pelos oficiais da Missão Hidrográfica da Costa de Portugal, reproduzimos o seguinte quadro:

Observações no farol

Média de 3 anos

Direcções	Freqüência anual Dias	Velocidade média Km/hora
N.	120	13
NE.	10	8
E.	22	8
SE.	30	8
S.	36	13
SW.	35	10
W.	25	10
NW.	80	13
Calma	7	—

4) Observações da Figueira da Foz

As freqüências dos ventos na Figueira da Foz, dadas por observações feitas 3 vezes por dia no período de 4 anos de 1866 a 1869, foram as seguintes:

Rumos	Freqüências	Rumos	Freqüências
N.	781	SSW.	94
NNE.	166	SW.	264
NE.	190	WSW.	190
ENE.	120	W.	206
E.	228	WNW.	282
ESE.	131	NW.	465
SE.	190	NNW.	264
SSE.	75	Calma	271
S.	129		

B) — **Acção dos ventos**

1) Ventos dos rumos entre NE. e NW.

Êstes ventos provocam todos um forte deslocamento das areias ao longo da praia no sentido de N. para S.

Os ventos de NE. a N. actuam, principalmente, pela sua acção directa sôbre as areias da duna e sôbre as da parte superior do «estran» dissecando-as primeiro e fazendo-as correr, depois, por vezes com enorme intensidade, ao longo da praia, dando a forte chuva de areia que bem conhecem os que trabalham em obras marítimas nesta costa.

Temos verificado a elevação, dentro de curtos períodos, por êste processo, de 3 a 4 m. da superfície da praia, contra o molhe Norte da barra de Aveiro.

Os ventos de N. a NW. actuam, principalmente, pela vaga de vento que produzem e que, incidindo obliquamente à costa, provoca a subida das areias em suspensão segundo essa direcção oblíqua, seguida de descida das mesmas areias segundo a linha de descida da vaga, necessáriamente a de maior declive da praia, resultando num caminhamento longitudinal em ziguezague, de Norte para Sul, que muitas vezes se pode verificar visualmente e que é, sem dúvida, um dos processos mais importantes do caminhamento das aluviões marítimas ao longo da costa, tendo eu tido ocasião de verificar acumulações, em curtos períodos, a N. do referido molhe, de quantidades de areias que se elevam a centenas de milhares de metros cúbicos.

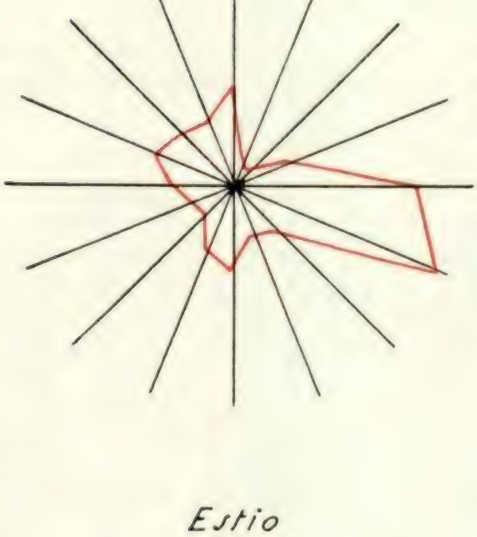
Êstes movimentos que a maior parte das vezes se fazem regularmente, tomam por vezes uma forma por assim dizer descontínua,

Observatório da Serra do Pilar

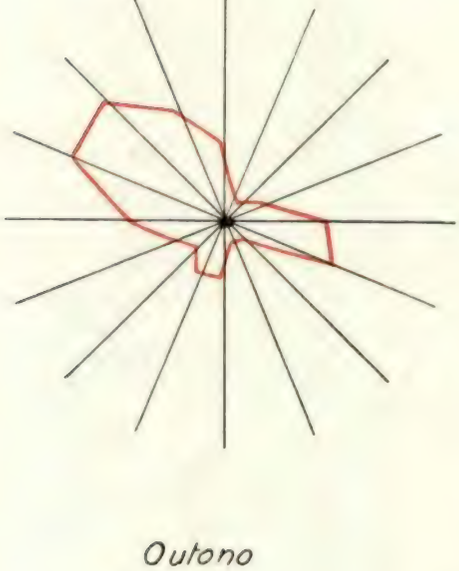
Periodo 1907-1916

Freqüência

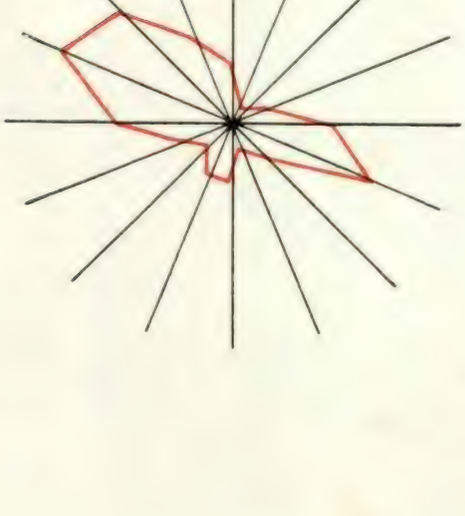
Inverno



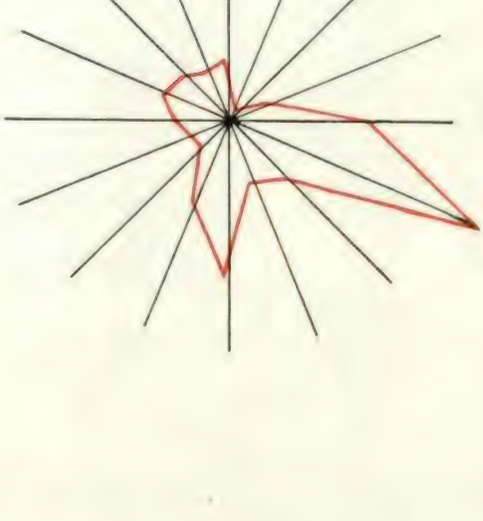
Primavera



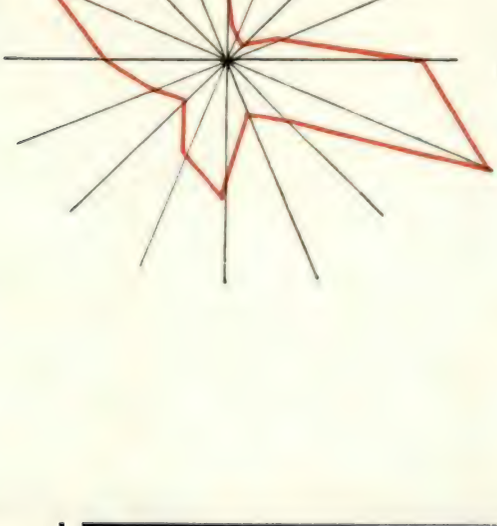
Estio



Outono



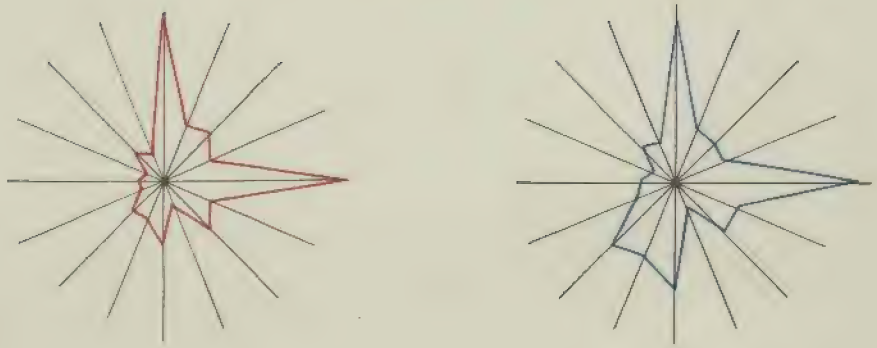
Resumo



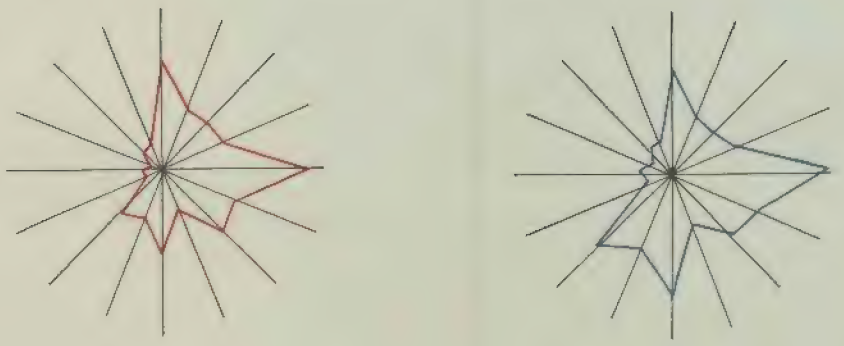
Observatório da Senhora da Luz

Periodo 1887-1896

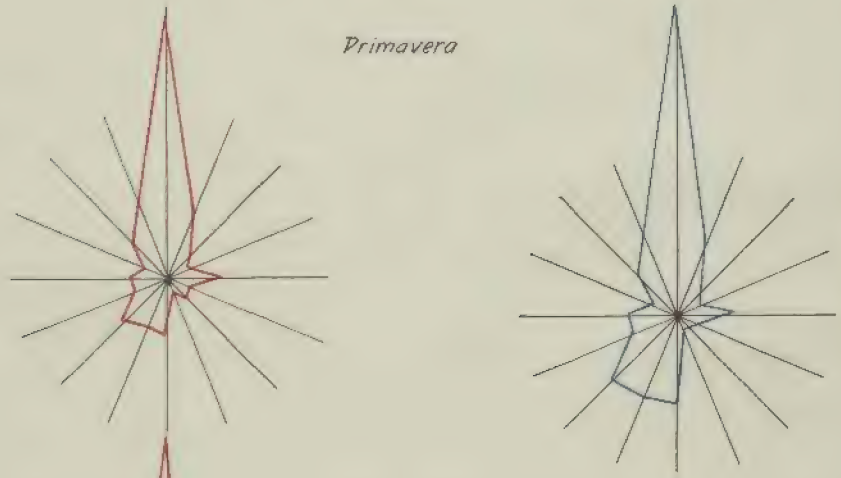
Inverno



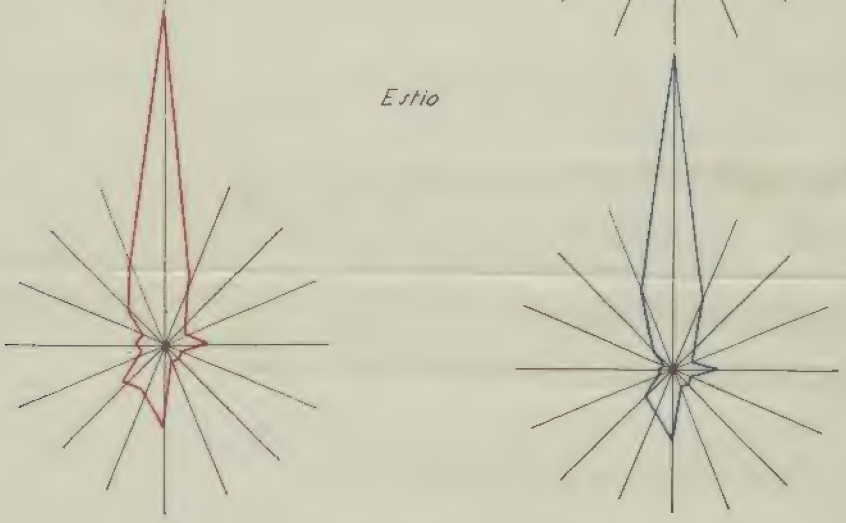
Outono



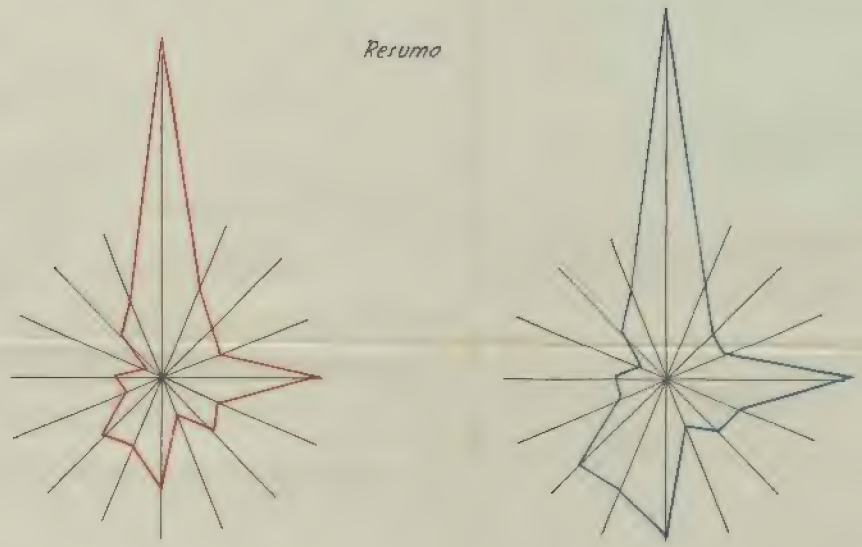
Primavera



Estio



Resumo

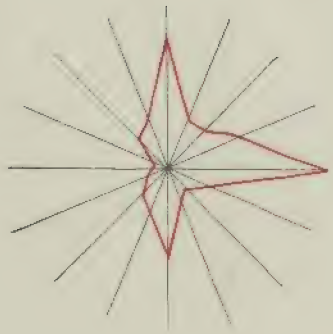


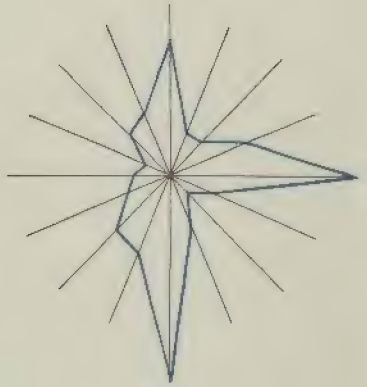
Observatório da Senhora da Luz

Periodo 1897-1906

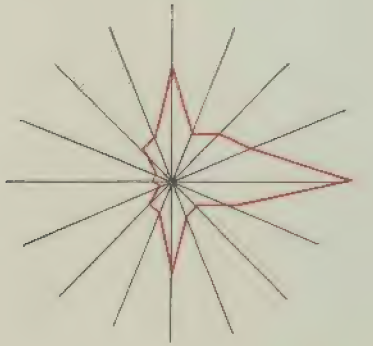
Freqüência *Velocidade* *Freqüência* *Velocidade*

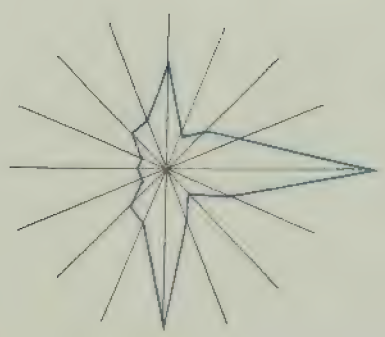
Inverno



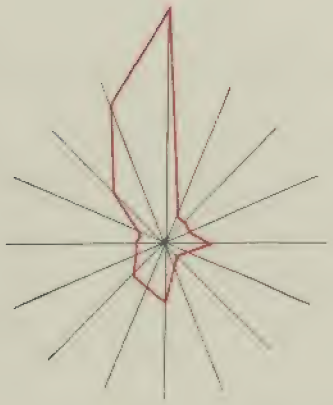


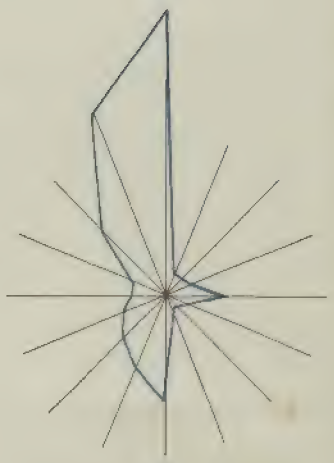
Outono



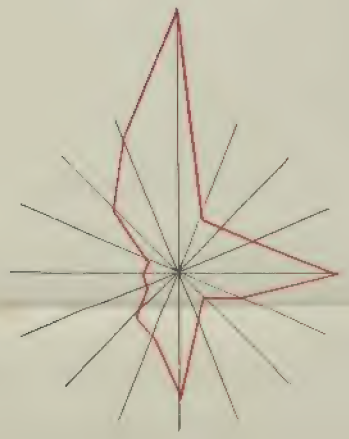


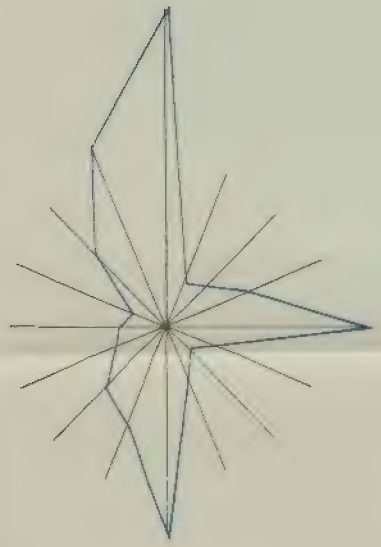
Primavera



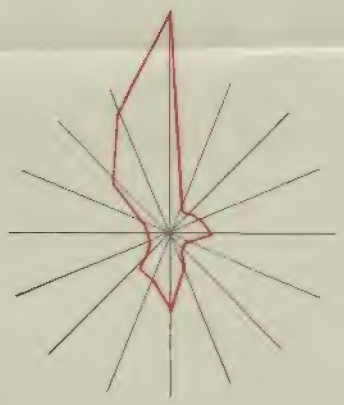


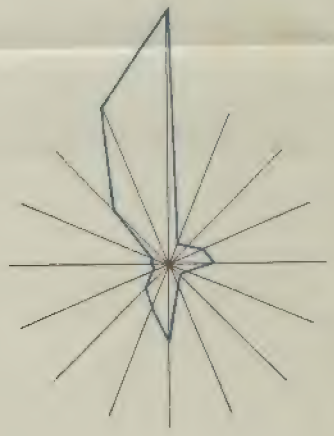
Resumo





Estio



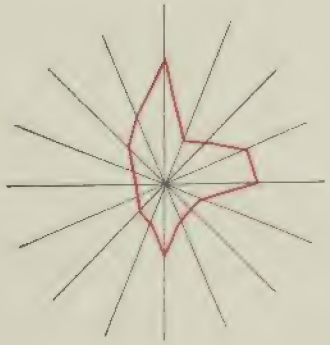


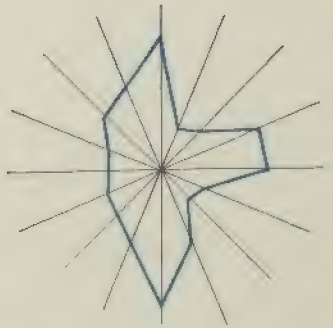
Observatório da Senhora da Luz

Periodo 1907-1916

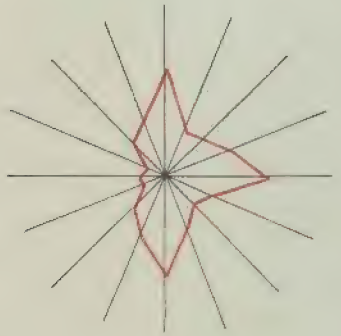
Freqüência | Velocidade | Freqüência | Velocidade

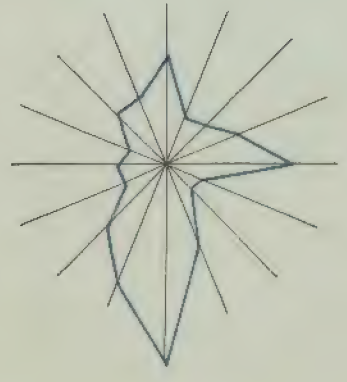
Inverno



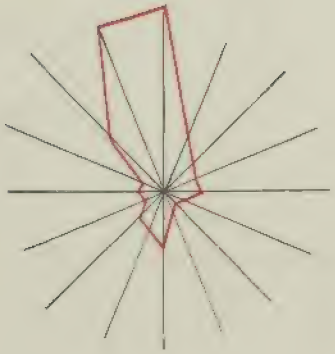


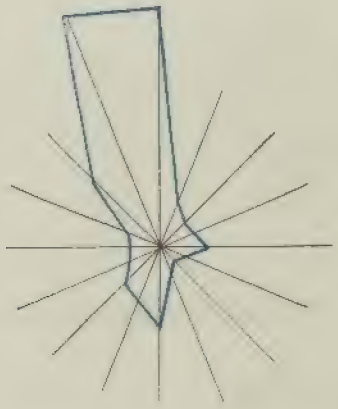
Outono





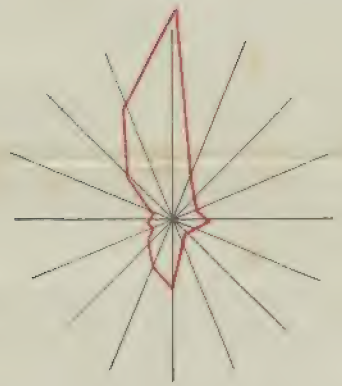
Primavera

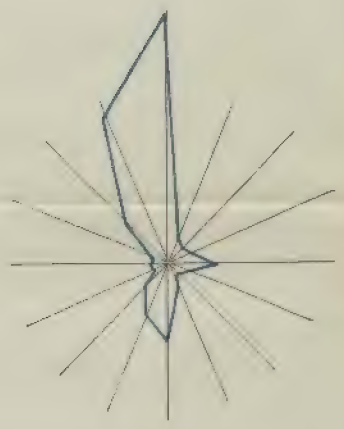


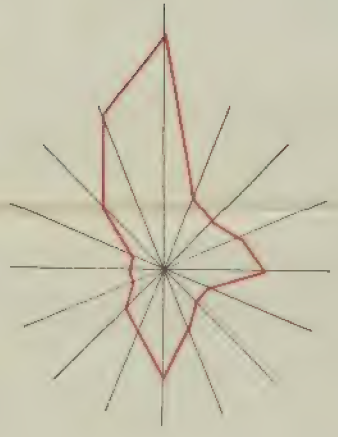


Resumo

Estio





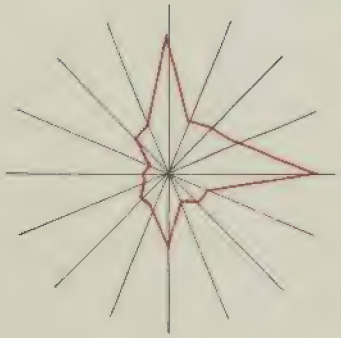


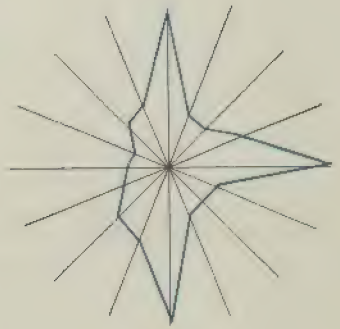
Observatório da Senhora da Luz

Periodo 1887-1916

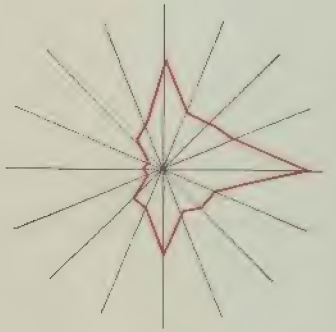
Freqüência *Velocidade* *Freqüência* *Velocidade*

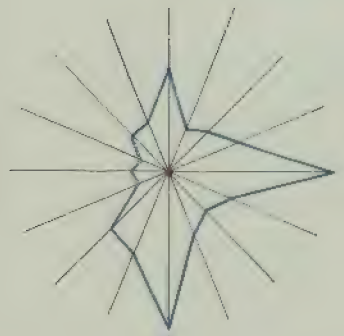
Inverno



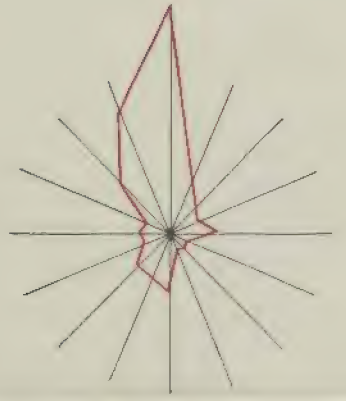


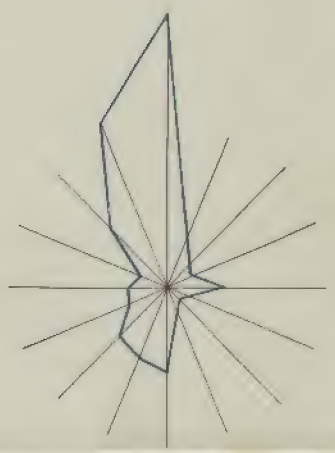
Outono



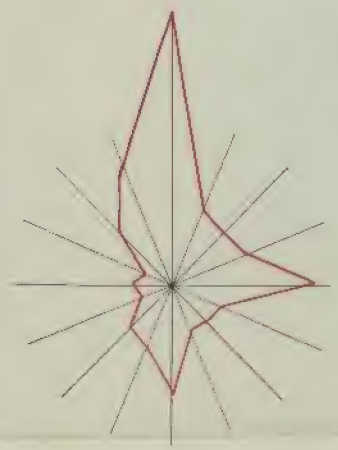


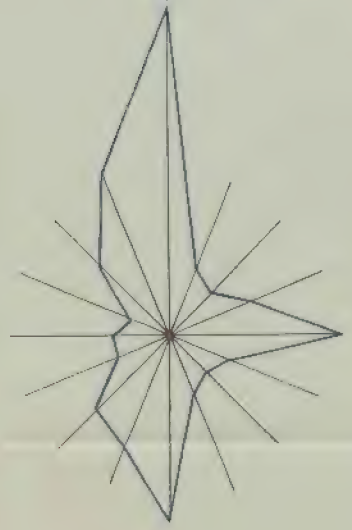
Primavera



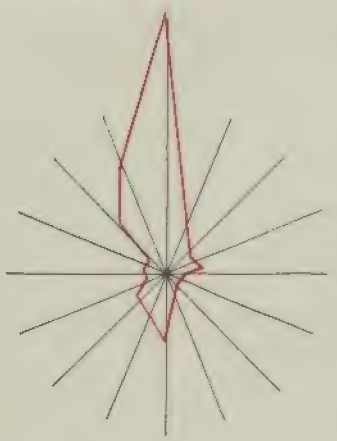


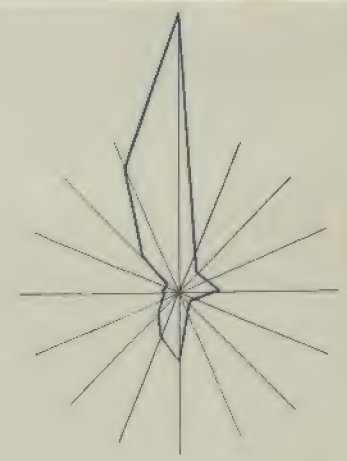
Resumo





Estio





em que se vê, num período de 8 a 10 dias, correr pela costa abaixo uma ponta ou cabedelo de areia, saliente sôbre a linha de costa de algumas dezenas de metros e que é acompanhada, sobretudo quando é mais saliente, de uma intensa acumulação do lado N. e de uma ablação temporária do lado Sul, devida à rotação que a saliência ou cabedelo provoca na vaga e que dá lugar a que esta venha incidir normalmente à praia a sotavento do cabedelo. Como as areias arrastadas ficaram retidas do lado N., a vaga do lado S. pouca areia leva em suspensão na subida, arrastando na descida mais areia do que levou e daí resulta a ablação.

Trata-se, evidentemente, de vagas moderadas. Durante as temporadas de bom tempo e de vagas moderadas e médias vê-se, por vezes, êste fenómeno repetir-se, a um cabedelo sucedendo-se outro cabedelo, resultando em progressivo engrossamento da praia.

Mais do que uma vez tive ocasião de aproveitar êstes assoriamentos, esperando a chegada do cabedelo ambulante, em refôrço ou amplificação das minhas defesas, para o avanço, a coberto, do trabalho de execução das fundações do molhe Norte de Aveiro. Mais do qne uma vez tive ocasião de aproveitar os desassoriamentos na zona a sotavento do cabedelo para a execução, já então em mar aberto, da parte mais exterior e robusta das protecções da fundação que não fôra possível executar ao abrigo.

Quando as vagas se tornam mais violentas, aumentam muito as quantidades de areias em suspensão, por actuarem aquelas, adquirido já o seu carácter de translação, numa zona muito mais larga e de maiores profundidades; as águas tomam uma côr mais carregada, produzindo-se, simultâneamente com o forte caminhamento longitudinal, um engrossamento acentuado da parte superior da praia.

Se a violência da vaga se torna muito grande, a vaga descendente toma, então, como já dissemos, acentuado predomínio; por outro lado, como também já dissemos, a vaga incide mais normalmente à costa. Os efeitos das vagas tornam-se então, de ablação, na parte superior da praia, produzindo-se o seu emmagrecimento geral, simultâneamente com a formação de bancos submersos a certa distância da costa, em profundidades variáveis com a intensidade do temporal.

É nas zonas submersas que mais se acentuam, então, os efeitos do caminhamento.

2) Ventos dos rumos entre NW e WSW

Êstes ventos têm uma acção muito menos acentuada sôbre o caminhamento, por ser a sua incidência mais próxima da normal à costa. Mantêm-se, porém, com as vagas acima de certa violência, os efeitos de troca entre a parte superior e a parte submersa da praia, variáveis com a intensidade das vagas.

3) Ventos dos rumos entre WSW e S

Com estes ventos inverte-se o sentido do caminhamento das areias, tanto mais acentuadamente quanto mais acentuada fôr a obliqüidade da incidência da vaga em relação à costa.

Os aspectos do fenómeno do caminhamento e acumulação das areias, variáveis segundo a direcção de propagação das vagas, segundo a intensidade destas e segundo a posição das zonas consideradas em relação aos obstáculos opostos ao caminhamento, são semelhantes, mas de sentidos contrários aos produzidos pelos ventos do quadrante NW.

4) Acção resultante dos ventos e das vagas e correntes por êles produzidas

Os fenómenos de caminhamento e de trocas das areias atrás descritos, são fenómenos directa e visualmente observáveis e não, como por vezes se tem pretendido afirmar, «teorias» ou «hipóteses» sôbre a marcha das aluviões. Assim, também não têm nada de teórico ou de hipotético as conclusões sôbre o regimen das costas arenosas baseadas na determinação das resultantes dos vectores representativos das freqüências e das intensidades dos ventos dos quadrantes do mar, expressas estas últimas pelos produtos $n\ v^2$, em que «n» representa a freqüência e «v» a velocidade média de cada rumo de vento. A consideração da velocidade máxima em vez da velocidade média, teria o inconveniente de exagerar demasiadameute a influência dos grandes temporais, o

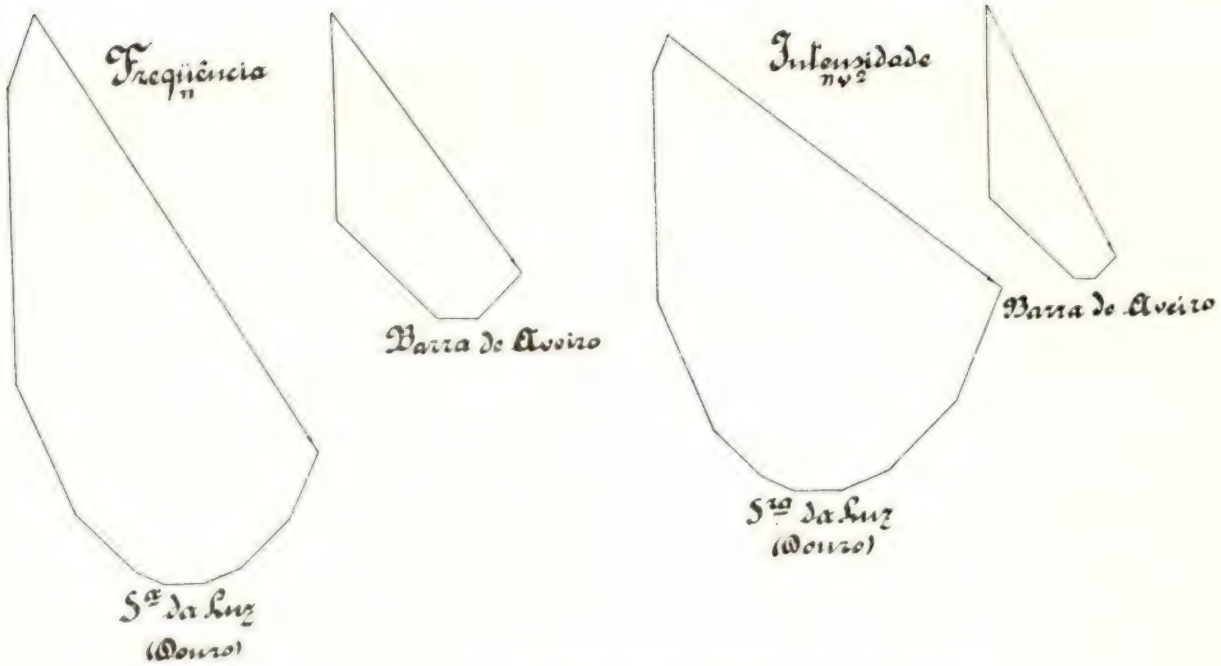


Fig. 2 — Acção resultante dos ventos, vagas e correntes dos ventos

que já poderia levar a conclusões diferentes da realidade.

Para o trôço da costa compreendido entre a foz do Douro e o cabo Mondego, são traçadas nos gráficos juntos as resultantes dos vectores «n» e «n v^2» para os rumos compreendidos entre NNE. e SSW. que são os que mais sensível e directamente influem na marcha das aluviões.

Essas resultantes foram traçadas para as observações do anemógrafo da Senhora da Luz e para as da barra de Aveiro.

As observações do anemógrafo da Serra do Pilar e as da Figueira da Foz foram apenas apresentadas para mostrar que o regimen dos ventos aí, não sendo exactamente igual, se aproxima muito do que é representado pelas observações que utilizámos e, assim, que a sua utilização levaria às mesmas conclusões.

Os mapas seguintes dão os elementos para a construção dos gráficos:

Observações do anemógrafo da Senhora da Luz (Médias de 30 anos)

Rumos considerados	Valores de N	Valores de N V^2
NNE.	0,46	86,3
N.	1,71	535,7
NNW.	0,81	324,0
NW.	0,48	160,7
WNW.	0,17	80,8
W.	0,23	104,3
WSW.	0,21	119,0
SW.	0,40	224,7
SSW.	0,42	283,9

Observações do Farol da Barra de Aveiro

N.	120	20.280
NW.	80	13.520
W.	25	2.500
SW.	35	3.500

Como apenas importam para cada gráfico os valores relativos dos vectores componentes, não nos preocupámos a reduzir estes à mesma escala.

Pelo que respeita aos gráficos construídos com as observações do anemógrafo da Senhora da Luz, notaremos, que a construção feita com os elementos do decénio 1887-1896 daria resultados diferentes dos relativos aos decénios seguintes que representam o regimen geral.

Quanto a êste, vê-se que, tanto pelas indicações da freqüência como pelas da intensidade, a marcha litoral das aluviões é acentuadamente no sentido de Norte para Sul, embora do exame

dos gráficos do regimen dos ventos se veja que em determinadas estações do ano, como em determinados ciclos de anos, a marcha se possa inverter.

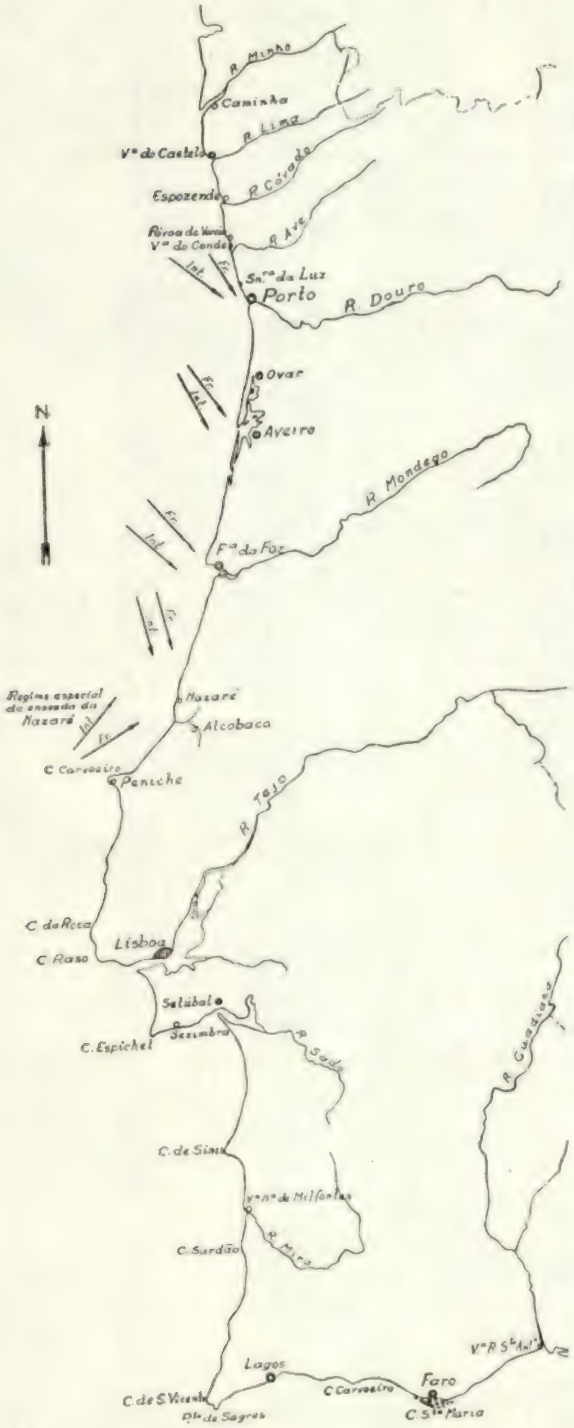


Fig. 3 — Planta da costa ocidental portuguêsa, com indicação das resultantes das acções meteorológica e marítima

IV — Regime da costa

Como se conclue do que deixámos dito sôbre o regimen dos ventos, tanto no que respeita às indicações dadas pela observação das freqüências, como às dadas pela combinação destas com as das velocidades médias, o movimento das aluviões no trôço da costa ocidental portuguêsa que se estende entre a foz do Douro e o Cabo Carvoeiro, é alternativo; mas com predomínio acentuado dos deslocamentos de Norte para Sul.

O caracter alternativo é conseqüência do predomínio, em certas estações do ano, dos ventos de determinados rumos, diferentes dos reinantes e, até, da existência de ciclos de anos de característica meteorológica anómala (decénio de 1887-96).

Em concordância com êste regimen alternativo se verifica a ocorrência de alternativas no sentido dos fenómenos gerais da evolução hidrográfica da costa. Adiante apresentaremos como exemplos, uma fase interessante e excepcional da evolução hidrográfica da barra de Aveiro e várias oscilações desta, em relação com a ocorrência de vários períodos de feição meteorológica bem acentuada e que tivemos ocasião de registar.

Comprova, por outro lado, de modo flagrante, a influência fundamental do regimen dos ventos, a existência de regimens especiais nas localizações em que a intervenção de um acidente pronunciado da costa, ou mesmo a de uma simples obra exterior, saliente, vem modificar a relação normal entre as acções dos ventos dos vários rumos, constituindo como que zonas de sombra para a acção de certos de entre êles. Como exemplo mencionaremos o da enseada da Nazaré e foz do Alcôa em que se vê, ao contrário do fenómeno geral, deslocarem-se as aluviões litorais de Sul para Norte, a partir de uma zona que vai de 4 a 5 km. para Sul da foz do Alcôa até ao canto da enseada, e a foz dêste rio deslocar-se sistemàticamente para Norte, ao contrário de todos os rios que desembocam no trôço da costa em questão e que não estejam sob a acção dos referidos acidentes. Motiva esta anomalia a redução da acção dos ventos do quadrante de NW., já devida ao abrigo proporcionado pelo elevado môrro que, do lado Norte, limita a enseada, já resul-

tante da rotação que, em tôrno da ponta de Guilhim, experimentam as vagas provindas daquele quadrante e que, assim,-vêm incidir na costa com direcção próxima das de Oeste e até de Oes-Sudoeste.

O confronto dos regimens da foz do Alcôa e da foz do Liz, esta na costa livre para Norte da enseada da Nazaré que apresentámos desenvolvidamente na Memória do nosso estudo sôbre o pôrto da Nazaré é sobremodo elucidativo.

Além dos movimentos longitudinais das aluviões, têm, nesta costa, grande importância os movimentos alternativos entre a parte emersa da praia e os fundos vizinhos, o que é consequência do declive relativamente fraco da praia submarina e da violência das vagas.

Os grandes temporais, sobretudo dos rumos entre WSW. e WNW., arrastam para os fundos vizinhos da praia, como já dissémos, grandes quantidades de areia da parte superior.

As vagas mais moderadas, repõem essas areias com intensidade. É êste fenómeno, de observação corrente, que me leva a crêr na eficácia das obras longitudinais que tenho preconizado para a defesa das praias, como a de Espinho, em que a previsão é confirmada pela própria natureza na vizinha praia da Granja.

(Conclue no próximo número)

Cálculo da estrutura duma bancada para um Estádio de betão armado, elaborado pela Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos e cedido pelo seu Director, Eng. Belard da Fonseca (Prof. do I. S. T.)

CÁLCULO ESTÁTICO N.º 1 C.

BANCADAS SUPERIORES E PÓRTICO EXTERIOR

I. Bancadas

As bancadas para o Estádio de Futebol e Atletismo são preparadas em oficina e mediante guindastes apropriados colocados sôbre a viga superior dos pórticos, à qual se deu forma escalonada.

Na fig. 1 indicam-se as dimensões dos degraus na parte média das bancadas superiores para lugares sentados.

Pêso dum degrau por m. l.

$$(0{,}11 \,.\, 0{,}06 + 0{,}08 \,.\, 0{,}66 + \frac{0{,}08 + 0{,}11}{2} \,.\, 0{,}06 + 0{,}36 \,.\, 0{,}03 + 0{,}39 \,.\, 0{,}09 + 0{,}15 \,.\, 0{,}06) \,.\, 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

Largura útil dos degraus 0,75 m

Sobrecarga 500 kg/m² ~ 500 . 0,75 = 375 kg/m

O vão real dos degraus é em média 5,35 m. O vão a considerar no cálculo do momento flector 5,35 . 1,05 = 5,62 m. O momento flector será:

$$M = \frac{1}{8} (288 + 375) \,.\, 5{,}62^2 = 2620 \text{ kgm}$$

A parte do degrau que consideramos trabalhar como viga, isto é, a parte interessada nos esforços de flexão indica-se na fig. 2.

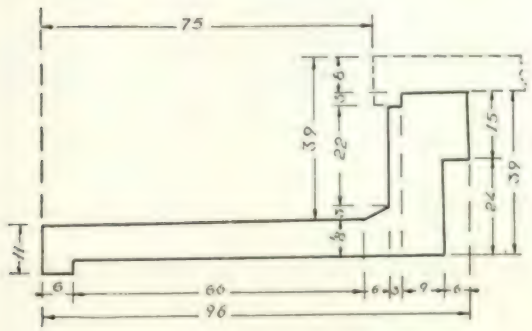


Fig. 1

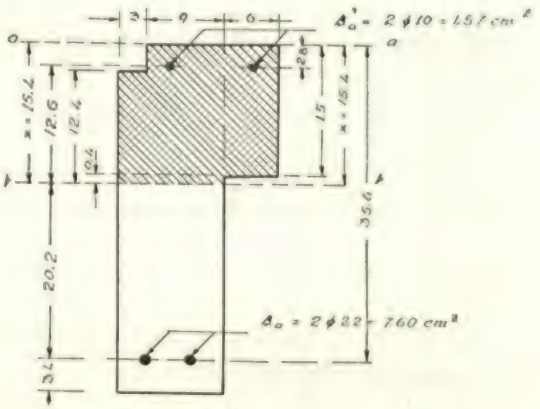


Fig. 2

Por ser uma secção irregular, faremos o cálculo encontrando experimentalmente o valor de x (distância à fibra neutra).

Avaliamos primeiramente esta distância em $x = 15{,}4$ cm e verificamos se a posição da fibra neutra é exacta:

Secção A_b ou $m \cdot A_a$ cm²	Braço de alavanca a cm³	Momento $A \cdot a$ cm	Braço de alavanca b cm	Momento de inércia $I = A_b^2 + I_o$ cm⁴
$12{,}4 \cdot 3 = 37{,}2$	9,2	342	6,2	$37{,}2 \cdot 6{,}2^2 + \frac{12{,}4^3 \cdot 3}{12} = 1910$
$15{,}4 \cdot 9 = 138{,}6$	7,7	1067	7,7	$138{,}6 \cdot 7{,}7^2 + \frac{15{,}4^3 \cdot 9}{12} = 10940$
$15{,}0 \cdot 6 = 90{,}0$	7,5	675	7,9	$90{,}0 \cdot 7{,}9^2 + \frac{15{,}0^3 \cdot 6}{12} = 7310$
$15.1 \cdot 57 = 23{,}6$	2,8	66	12,6	$23{,}6 \cdot 12{,}6^2 = 3740$
$15.7 \cdot 60 = 114{,}0$	35,6	4060	20,2	$114{,}0 \cdot 20{,}2^2 = 46500$
$A = 403{,}4$	15,4	6210		$I = 70400$

Na tabela acima verificou-se a posição da fibra neutra $x = 15{,}4$ cm e encontrou-se o momento de inércia da secção. Os coeficientes de trabalho serão:

$$R_b = \frac{M\,x}{I} = \frac{262000 \cdot 15{,}4}{70400} = 57{,}2 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_a = \frac{m \cdot M\,(h - x)}{I} = \frac{15 \cdot 262000 \cdot 20{,}2}{70400} = 1125 \text{ kg/cm}^2$$

O esforço cortante junto aos apoios é

$$T = \frac{1}{2} \cdot (288 + 375) \cdot 5{,}62 = 1860 \text{ kg}$$

A tensão tangencial será

$$\tau_{max} = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{1860}{12\left(35{,}6 - \frac{15{,}4}{3}\right)} = 5{,}1 \text{ kg/cm}^2$$

A extensão da viga em que a tensão tangencial é superior a 4,0 kg/cm² é por cada extremidade:

$$\frac{562}{2} \cdot \frac{5{,}1 - 4{,}0}{5{,}1} = 61 \text{ cm}$$

O esfôrço cortante total a ser resistido pelos estribos será:

$$\frac{5{,}1 + 4{,}0}{2} \cdot 12 \cdot 61 = 3330 \text{ kg}$$

Na parte considerada da viga há 3 estribos duplos ou seja 6 secções de varão de 8 mm. que podem resistir ao esfôrço de:

$$3{,}01 \cdot 1200 = 3610 \text{ kg}$$

II. Pórtico exterior

a) *Sobrecarga na viga CF e FF'* (ver fig. 3)

A carga permanente por metro de projecção horizontal será:

Degraus $\frac{288 \cdot 5{,}75}{0{,}75}$	= 2210 kg/m
Pêso próprio da viga $\left(0{,}90 \cdot \sec \alpha + \frac{0{,}39}{2}\right) 0{,}40 \cdot 2400$	= 1175 »
	3385 kg/m

A componente da carga perpendicular à viga será

$$p = 3385 \cdot \cos^2 \alpha = 2670 \text{ kg/m}$$

A sobrecarga será

$$s = 500 \cdot 5{,}75 \cdot \cos^2 \alpha = 2260 \text{ kg/m}$$

Na viga FF' a carga permanente será

Laje 1,75 . 5,60 . 0,12 . 2400	= 2820
Parapeito 0,80 . 5,60 . 0,10 . 2400	= 1070
Vigas 2 . 0,12 . 0,29 . 5,60 . 2400	= 930
Degraus $\sim 288 \cdot 5{,}60 \cdot \frac{1{,}10}{0{,}75}$	= 2380
	P = 7200

o que corresponde aproximadamente a

$$p = \frac{7200}{2{,}00} = 3600 \text{ kg/m}$$

A sobrecarga é $s = 5{,}60 \cdot 500 = 2800$ kg/m

b) *Sobrecarga na viga BE e EE'* (ver fig. 3).

O presente cálculo refere-se aos pórticos que ficam junto às entradas principais. Os restantes pórticos serão calculados em harmonia com as sobrecargas correspondentes, que variam segundo a estrutura e configuração dos compartimentos contiguos.

Na fig. 3 estão representados os diferentes elementos da construção que transmitem sobrecargas ao pórtico. A seguir calcularemos as reacções correspondentes, acrescentadas do pêso próprio da viga BE.

Viga V_1. Vão $l = 5{,}85$ m Vão real 5,50 m

Carga permanente:

Laje $\left(\frac{2{,}25}{2} + \frac{0{,}25}{2}\right) \cdot \frac{5{,}50}{2} \cdot 0{,}10 \cdot 2400$	= 825 kg
Pêso próprio $0{,}35 \cdot 0{,}25 \cdot \frac{5{,}50}{2} \cdot 2400$	= 575 »
Viga BE $\left(\frac{2{,}25}{2} - \frac{1{,}00}{2}\right) \cdot 0{,}35 \cdot 1{,}00 \cdot 2400$	= 530 »
	P = 1930 kg

Sobrecarga:

$$S = \left(\frac{2{,}25}{2} + 0{,}025\right) \cdot \frac{5{,}85}{2} \cdot 500 = 1680 \text{ kg}$$

Viga V_2. Vão $l = 5{,}80$ m Vão real 5,45 m

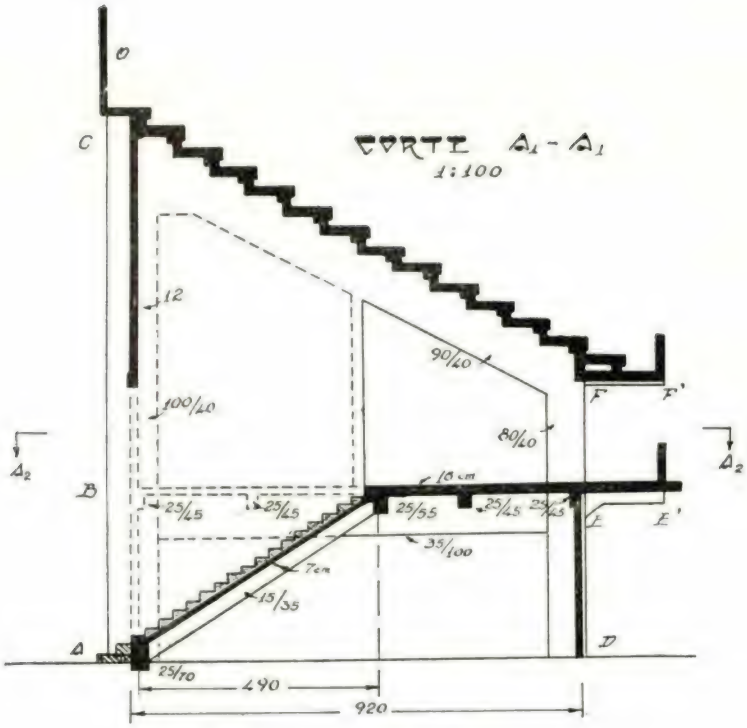


Fig. 3

Carga permanente:

Lage $\frac{1}{2}$. 2,25 . 5,45 . 0,10 . 2400	= 1470 kg
Pêso próprio 0,35 . 0,25 . $\frac{5,45}{2}$. 2400	= 570 »
Tabique 2,25 . 5,00 . 0,10 . 2400	= 2700 »
Viga BE 2,25 . 0,35 . 1,00 . 2400	= 1890 »
	P = 6630 kg

Sobrecarga $S = \frac{1}{2} \cdot 2{,}25 \cdot 5{,}80 \cdot 500 = 3260$ kg

Viga V_3. Vão $l = 5{,}74$ m Vão real 5,39 m

Carga permanente:

Laje $\frac{1}{2} \cdot 2{,}25 \cdot 5{,}39 \cdot 0{,}10 \cdot 2400$	= 1455 kg
Pêso próprio $0{,}35 \cdot 0{,}25 \cdot \frac{5{,}39}{2} \cdot 2400$	= 565 »
Tabique $(4{,}30 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}10 + 3{,}90 \cdot 0{,}20^2)$ 2400	= 1410 »
Viga BE $2{,}25 \cdot 0{,}35 \cdot 1{,}00 \cdot 2400$	= 1890 »
	P = 5320 kg

Sobrecarga $S = \frac{1}{2} \cdot 2{,}25 \cdot 5{,}74 \cdot 500 = 3230$ kg

Viga V_4. Vão $l = 5{,}69$ m Vão real 5,34 m

Carga permanente:

Laje $\frac{1}{2} \cdot 2{,}25 \cdot 5{,}34 \cdot 0{,}10 \cdot 2400$	= 1440 kg
Pêso próprio $0{,}35 \cdot 0{,}25 \cdot \frac{5{,}34}{2} \cdot 2400$	= 560 »
Viga BE $2{,}25 \cdot 0{,}35 \cdot 1{,}00 \cdot 2400$	= 1890 »
	P = 3890 kg

Sobrecarga $S = \frac{1}{2} \cdot 2{,}25 \cdot 5{,}69 \cdot 500 = 3200$ kg

Viga V_5. Vão $l = 5{,}64$ m Vão real 5,29 m

Carga permanente:

Laje $\frac{2{,}20 + 1{,}775}{2} \cdot \frac{5{,}29}{2} \cdot 0{,}10 \cdot 2400$	= 1260 kg
Pêso próprio $0{,}35 \cdot 0{,}25 \cdot \frac{5{,}29}{2} \cdot 2400$	= 560 »
Viga BE $\left(\frac{2{,}00}{2} - 0{,}585\right) \cdot 0{,}35 \cdot 1{,}00 \cdot 2400$	= 350 »
Viga EE' $\frac{1}{2} \cdot 1{,}60 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}40 \cdot 2400$	= 190 »
	P = 2360 kg

Sobrecarga $S = \frac{2{,}20 + 1{,}775}{2} \cdot \frac{5{,}64}{2} \cdot 500 = 2800$ kg

Viga V_6. Vão $l = 5{,}60$ m Vão real 5,35 m

Carga permanente:

Laje $\left(\frac{1{,}775}{2} + 0{,}35\right) \cdot \frac{5{,}35}{2} \cdot 0{,}10 \cdot 2400$	= 800 kg
Parapeito $0{,}80 \cdot 0{,}10 \cdot \frac{5{,}60}{2}$ 2400	= 540 »
Viga EE' $\frac{1}{2} \cdot 1{,}60 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}40 \cdot 2400$	= 190 »
	P = 1530 kg

Sobrecarga $S = \left(\frac{1,775}{2} + 0,35\right) \frac{5,60}{2} \cdot 500 = 1740$ kg

Vigas $V_7 + V_8 + V_9 + V_{10}$. Vão $l = 4,90$ m Vão real 4,65 m

Carga permanente total:

Laje 5,45 . 4,65 . 0,07 . 1,180 . 2400	= 5030 kg
Vigas 4 . 4,65 . 0,15 . 0,28 . 1,180 . 2400	= 2220 »
Degraus, espessura média 0,115 m 5,45 . 4,65 . 0,115 . 1,180 . 2400	= 8260 »
	P = 15510 kg

Sobrecarga total $S = 5,45 \cdot 4,65 \cdot 500 = 12700$ kg

Viga V_{12}. Vão $l = 5,73$ m Vão real 5,38 m

Carga permanente:

Laje $\frac{1,60}{2} \cdot \frac{5,38}{2} \cdot 0,10 \cdot 2400$	= 520 kg
Pêso próprio $\frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot 0,55 \cdot 5,38 \cdot 2400$	= 890 »
Escada $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$ 15510	= 3880 »
	P = 5290 kg

Sobrecarga $S = \left(\frac{1,60}{2} + 0,25\right) \cdot \frac{5,73}{2} \cdot 500 + \frac{12700}{4} = 4680$ kg

Viga V_{13} Vão $l = 5,69$ m Vão real 5,34 m

Carga permanente:

Laje $\left(\frac{1,85}{2} + \frac{2,20}{2}\right) \cdot \frac{5,34}{2} \cdot 0,10 \cdot 2400$	= 1300 kg
Pêso próprio $0,35 \cdot 0,25 \cdot \frac{5,34}{2} \cdot 2400$	= 560 kg
	P = 1860 kg

Sobrecarga $S = \left(\frac{1,85}{2} + \frac{2,20}{2}\right) \cdot \frac{5,69}{2} \cdot 500 = 2880$ kg

Viga V_{14}. As reacções são iguais às da viga V_5 descontando-se o pêso das vigas BE e EE', que já foi considerado na Viga V_5.

Carga permanente $P = 1260 + 560 = 1820$ kg

Sobrecarga $S = 2800$ kg.

Viga V_{15}. Análoga à V_6

Carga permanente $P = 800 + 540 = 1340$ kg

Sobrecarga $S = 1740$ kg.

c) *Pressão do vento.*

A pressão do vento é considerada horizontal e computada em 100 kg/m² de superfície actuada normalmente à sua direcção. Êste valor justifica-se por o Estádio ficar no fundo dum vale ao abrigo dos ventos.

Sendo $\alpha = 27°30'$ o ângulo de inclinação da viga CF na tribuna, a componente da pressão do vento normal a esta viga será $100 \cdot \text{sen}^2\alpha = 21{,}5$ kg/m² de superfície ou seja $21{,}5 \cdot 5{,}75 = 124$ kg/m de viga. Neste caso tem-se de considerar uma fôrça horizontal de $\frac{1}{2} \cdot 4{,}60 \cdot 5{,}75 \cdot 100 = 1320$ kg em cada um dos vértices C e F do pórtico.

A pressão do vento sôbre a cobertura é transmitida à estrutura de betão da tribuna por duas fôrças verticais actuando sôbre as pernas do pórtico e uma fôrça horizontal de $1{,}80 \cdot 5{,}75 \cdot 100 = 1040$ kg agindo no ponto C.

As diferentes sobrecargas vão indicadas nas figuras 4 e 5.

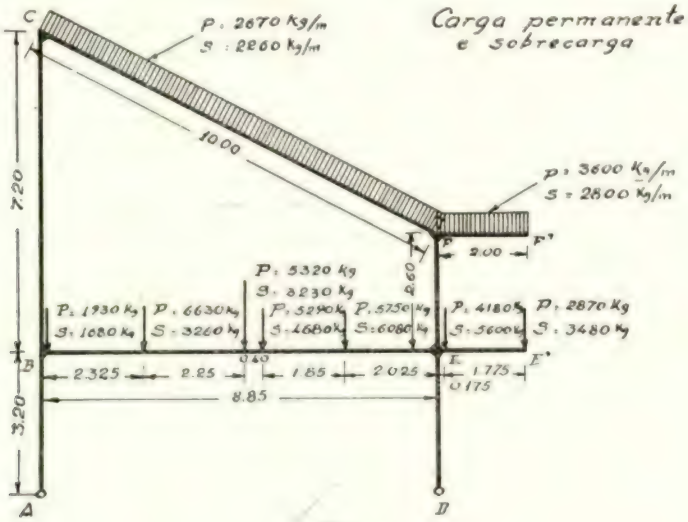


Fig. 4

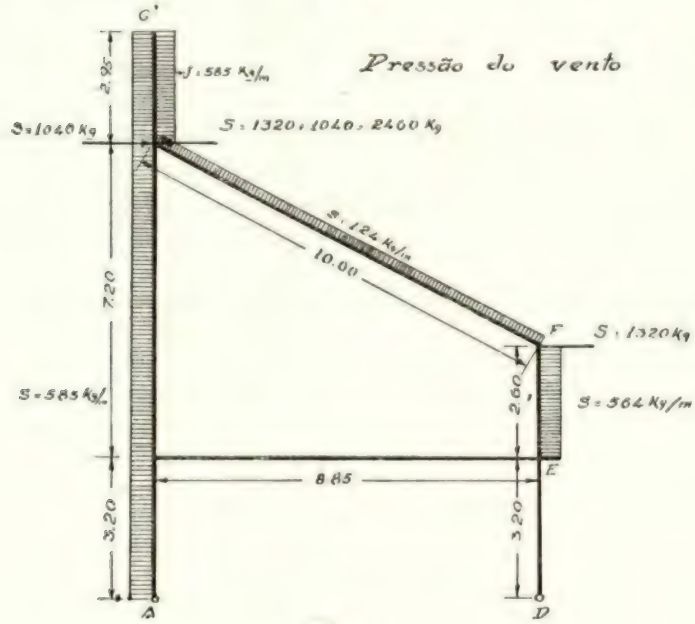


Fig. 5

III. Pórtico. Processo de cálculo.

O cálculo do pórtico será feito segundo o método de Strassner (ver A. Strassner: *Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerk und der elastischen Bogenträger,* Berlin 1916).

Consideramos uma barra qualquer AB no sistema, encastrada elàsticamente nas suas extremidades, e introduzimos as designações seguintes (ver fig. 6):

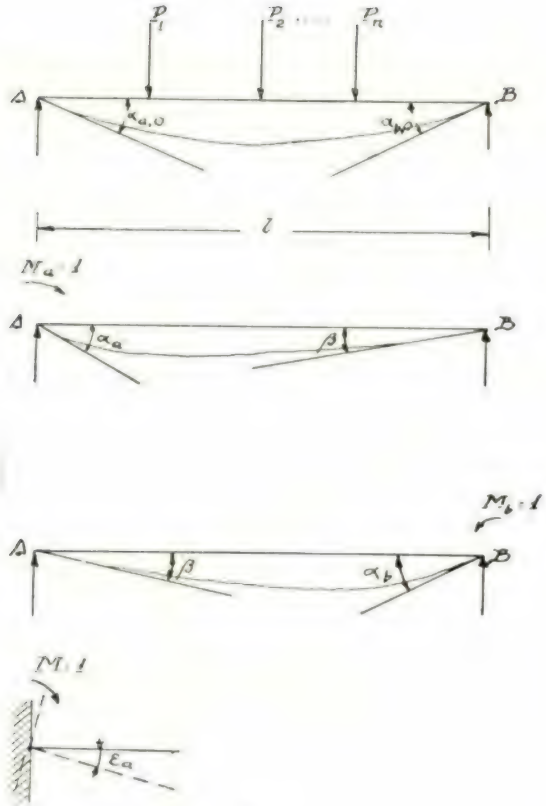


Fig. 6

α_a = Rotação em A devida ao momento $M_a = 1$ na viga simplesmente apoiada AB.
α_b = » » B » » » $M_b = 1$ » » » » »
β = { » » A » » » $M_b = 1$ » » » » » (Maxwell)
{ » » B » » » $M_a = 1$ » » » » » (»)
$\alpha_{a,o}$ = » » A » à sobrecarga real na viga simplesmente » »
$\alpha_{b,o}$ = » » B » à sobrecarga real na viga simplesmente » »
ε_a = » do encastramento elástico em A devido ao momento $M = 1$
ε_b = » do encastramento elástico em B devido ao momento $M = 1$

Os pontos de inflexão J e K ficam a distâncias determinadas pelas expressões seguintes:

$$a = \frac{l\,\beta}{\alpha_a + \beta + \varepsilon_a}$$

$$b = \frac{l\,\beta}{\alpha_b + \beta + \varepsilon_b}$$

As rotações γ_a e γ_b serão (ver fig. 7)

$$\gamma_a = \alpha_a - \frac{b}{l - b} \cdot \beta$$

$$\gamma_b = \alpha_b - \frac{a}{l - a} \cdot \beta$$

No caso presente, estas expressões podem, porém, ser ainda simplificadas. Efectivamente, sendo a secção transversal da barra constante em todo o seu comprimento, teremos:

$$\alpha_a = \alpha_b = 2\,\beta$$

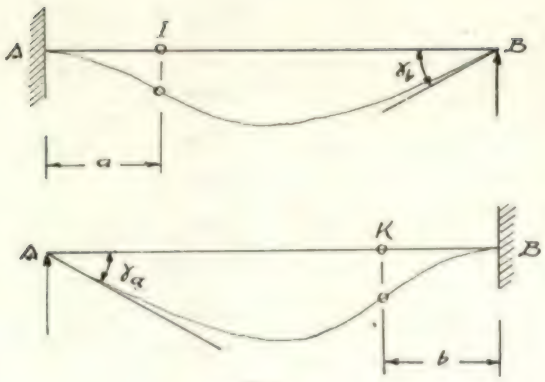


Fig. 7

e conseqüentemente

$$a = \frac{l\,\beta}{3\,\beta + \varepsilon_a} \qquad \gamma_a = \beta\left(3 - \frac{l}{l - b}\right)$$

$$b = \frac{l\,\beta}{3\,\beta + \varepsilon_b} \qquad \gamma_b = \left(3 - \frac{l}{l - a}\right) \qquad \beta = \frac{l}{6\,E\,I}$$

Num pilar AB teremos anàlogamente:

$$a = \frac{h\,\beta}{3\,\beta + \varepsilon_a} \qquad \gamma_A = \left(3 - \frac{h}{h - b}\right) \text{ no nó inferior}$$

$$b = \frac{h\,\beta}{3\,\beta + \varepsilon_b} \qquad \gamma_B = \left(3 - \frac{h}{h - a}\right) \text{ no nó superior} \qquad \beta = \frac{h}{6\,E\,I}$$

O cálculo será agora subdividido em dois. No primeiro o cálculo refere-se ao sistema considerado rígido, o que se obtém aplicando encostos em número suficiente para evitar desvios dos nós. No segundo considera-se sòmente o efeito das reacções dos encostos como única sobrecarga.

IV. Estrutura rígida.

a) *Momentos de inercia.* (ver fig. 3)

Barra BE $b_0/h = 35/100$ $\quad I = \frac{1}{12} \cdot 0{,}35 \cdot 1{,}00^3 = 0{,}0292\ m^4$

Barra CF $b_0/h = 40/90$ $\quad I = \frac{1}{12} \cdot 0{,}40 \cdot 0{,}90^3 = 0{,}0243$ »

Pilar ABC $b/h = 40/100$ $\quad I = \frac{1}{12} \cdot 0{,}40 \cdot 1{,}00^3 = 0{,}0333$ »

Pilar DEF $b/h = 40/80$ $\quad I = \frac{1}{12} \cdot 0{,}40 \cdot 0{,}80^3 = 0{,}0170$ »

b) *Rotações dos nós.*

Barra BE : $\quad E\,\beta = \frac{8{,}85}{6 \cdot 0{,}0292} = 50{,}5\ m^{-3}$

Barra CF : $\quad E\,\beta = \frac{10{,}00}{6 \cdot 0{,}0243} = 68{,}5\ m^{-3}$

$$\text{Pilar AB}: \quad E\beta = \frac{3{,}20}{6 \cdot 0{,}0333} = 16{,}0 \ m^{-3}$$

$$\text{» BC}: \quad E\beta = \frac{7{,}20}{6 \cdot 0{,}0333} = 36{,}0 \ \text{»}$$

$$\text{» DE}: \quad E\beta = \frac{3{,}20}{6 \cdot 0{,}0170} = 31{,}4 \ \text{»}$$

$$\text{» EF}: \quad E\beta = \frac{2{,}60}{6 \cdot 0{,}0170} = 25{,}5 \ \text{»}$$

c) *Pontos de inflexão.*

Pilar AB. A extremidade inferior é um apoio simples, pelo que teremos a = 0.
Barra BE. Encastrada elàsticamente à esquerda no pilar ABC.

$$E\gamma_B = \left(3 - \frac{h}{h - a}\right) = 2\beta = 2 \cdot 16{,}0 = 32{,}0 \ m^{-3}$$

$$E\gamma'_B = \left(3 - \frac{h}{h - \frac{1}{4}h}\right) = \frac{5}{3}\beta = \frac{5}{3} \cdot 36{,}0 = 60{,}0 \ m^{-3} \qquad (65{,}0 \ m^{-3})$$

Nesta última expressão supomos provisòriamente termos $c = \frac{1}{4}h$ no pilar BC.

A rotação total γ da extremidade superior do pilar será:

$$E\gamma = \frac{\gamma_B \cdot \gamma'_B}{\gamma_B + \gamma'_B} = \frac{32{,}0 \cdot 60{,}0}{32{,}0 + 60{,}0} = 20{,}9 \ m^{-3} \qquad (21{,}4 \ m^{-3})$$

$$b = \frac{l\beta}{3\beta + \gamma} = \frac{8{,}85 \cdot 50{,}5}{3 \cdot 50{,}5 + 20{,}9} = 2{,}59 \ m \qquad l - b = 6{,}26 \ m$$

Do lado direito, a barra está encastrada elàsticamente no pilar DEF.

$$\left.\begin{array}{l} E\gamma_E = 2\beta = 2 \cdot 31{,}4 = 62{,}8 \ m^{-3} \\ E\gamma'_E = \frac{5}{3} \cdot 25{,}5 = \begin{array}{l} 42{,}5 \ m^{-3} \ (47{,}0) \\ 105{,}3 \ m^{-3} \ (109{,}8) \end{array} \end{array}\right\} \ E\gamma = 25{,}3 \ m^{-3} \qquad (27{,}0 \ m^{-3})$$

Nesta expressão supomos provisòriamente o ponto de inflexão superior no pilar EF ficar à distância $f = \frac{1}{4} \cdot h$.

$$e = \frac{8{,}85 \cdot 50{,}5}{3 \cdot 50{,}5 + 25{,}3} = 2{,}52 \qquad l - e = 6{,}33.$$

Pilar BC. Extremidade inferior encastrada elàsticamente na barra BE e pilar BA.

$$\left.\begin{array}{l} E\gamma_b = \beta\left(3 - \frac{l}{l - e}\right) = 50{,}5\left(3 - \frac{8{,}85}{6{,}33}\right) = 81{,}0 \ m^{-3} \\ E\gamma_B = \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad 32{,}0 \ m^{-3} \\ \hline \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad 133{,}0 \ m^{-3} \end{array}\right\} \ E\gamma = 22{,}9 \ m^{-3}$$

$$b = \frac{h\beta}{3\beta + \gamma} = \frac{7{,}20 \cdot 36{,}0}{3 \cdot 36{,}0 + 22{,}9} = 1{,}98 \ m \qquad h - b = 5{,}22 \ m$$

Pilar EF. Extremidade inferior encastrada elàsticamente na barra EB e pilar ED.

$$\left.\begin{array}{l} E\gamma_e = \beta\left(3 - \dfrac{l}{l-b}\right) = 50{,}5\left(3 - \dfrac{8{,}85}{6{,}26}\right) = \ \ 80{,}5 \ m^{-3} \\ E\gamma_E = \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \dfrac{62{,}8 \ m^{-3}}{143{,}3 \ m^{-3}} \end{array}\right\} E\gamma = 35{,}5 \ m^{-3}$$

$$e = \frac{2{,}60 \cdot 25{,}5}{3 \cdot 25{,}5 + 35{,}5} = 0{,}59 \ m \qquad h - e = 2{,}01 \ m$$

Barra CF. Lado esquerdo encastrado elàsticamente no pilar BC:

$$E\gamma_C = \beta\left(3 - \frac{h}{h-b}\right) = 36{,}0\left(3 - \frac{7{,}20}{5{,}22}\right) = 58{,}4 \ m^{-3}$$

$$c = \frac{l\,\beta}{3\beta + \gamma} = \frac{10{,}00 \cdot 68{,}5}{3 \cdot 68{,}5 + 58{,}4} = 2{,}59 \ m \qquad l - c = 7{,}41 \ m$$

Extremidade direita encastrada elàsticamente no pilar FE:

$$E\gamma_F = 25{,}5\left(3 - \frac{2{,}60}{2{,}01}\right) = 43{,}7 \ m^{-3}$$

$$f = \frac{10{,}00 \cdot 68{,}5}{3 \cdot 68{,}5 + 43{,}7} = 2{,}75 \ m \qquad l - f = 7{,}25 \ m$$

Pilar CB. Extremidade superior encastrada elàsticamente na barra CF:

$$E\,\gamma_c = 68{,}5\left(3 - \frac{10{,}00}{7{,}25}\right) = 111 \ m^{-3}$$

$$e = \frac{7{,}20 \cdot 36{,}0}{3 \cdot 36{,}0 + 111} = 1{,}18 \ m \qquad h - e = 6{,}02 \ m$$

Pilar FE. Extremidade superior encastrada elàsticamente na barra FC:

$$E\,\gamma_f = 68{,}5\left(3 - \frac{10{,}00}{7{,}41}\right) = 113 \ m^{-3}$$

$$f = \frac{2{,}60 \cdot 25{,}5}{3 \cdot 25{,}5 + 113} = 0{,}35 \ m \qquad h - f = 2{,}25 \ m$$

Pilar BA. Na barra BE temos:

$$\left.\begin{array}{l} E\,\gamma_b = 50{,}5\left(3 - \dfrac{8{,}85}{6{,}33}\right) = \ \ 81{,}0 \ m^{-3} \\ \text{No pilar BC temos:} \\ E\,\gamma'_B = 36{,}0\left(3 - \dfrac{7{,}20}{6{,}02}\right) = \dfrac{65{,}2 \ m^{-3}}{146{,}2 \ m^{-3}} \end{array}\right\} E\,\gamma = 36{,}0 \ m^{-3}$$

$$b = \frac{3{,}20 \cdot 16{,}0}{3 \cdot 16{,}0 + 36{,}0} = 0{,}61 \ m.$$

Pilar ED. Na barra EB temos:

$$\left.\begin{array}{l} E\,\gamma_e = 50{,}5\left(3 - \dfrac{8{,}85}{6{,}26}\right) = \ \ 80{,}5 \ m^{-3} \\ \text{No pilar EF temos:} \\ E\,\gamma'_E = 25{,}5\left(3 - \dfrac{2{,}60}{2{,}25}\right) = \dfrac{47{,}3 \ m^{-3}}{127{,}8 \ m^{-3}} \end{array}\right\} E\,\gamma = 29{,}8 \ m^{-3}$$

$$e = \frac{3{,}20 \cdot 31{,}4}{3 \cdot 31{,}4 + 29{,}8} = 0{,}80 \text{ m.}$$

Com os valores de «c» e «f» aqui encontrados substituem-se os valores provisórios empregados acima. Os resultados corrigidos vão indicados entre parêntesis.

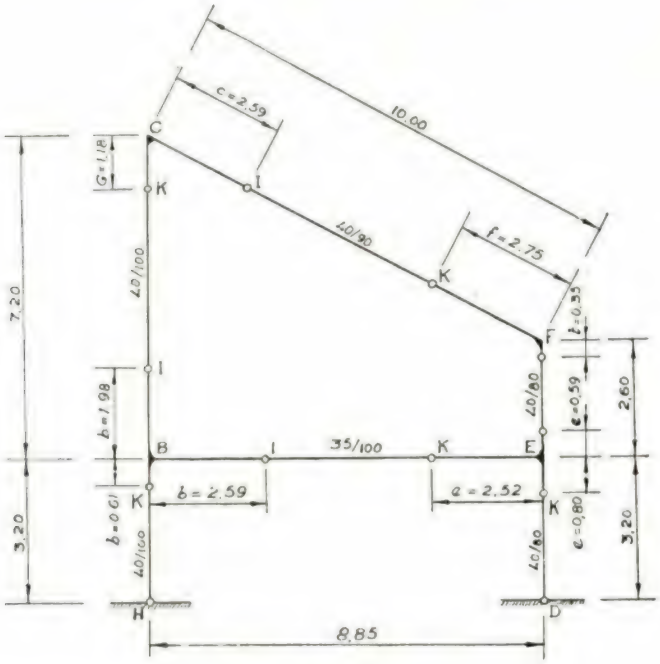


Fig. 8

d) *Coeficientes de transmissão.*

Ponto B. Um momento M = 1, que vem pela barra EB, distribui-se pelo pilar ABC com uma quota parte μ_u para baixo e $1 - \mu_u$ para cima, sendo

$$\mu_u = \frac{\gamma'_B \text{ (pilar superior)}}{\gamma'_B \text{ (pilar sup.)} + \gamma_B \text{ (pilar inf.)}} = \frac{65{,}0}{65{,}0 + 32{,}0} = 0{,}67$$

Um momento M = 1 no pilar inferior implicará um momento $\mu_{u,o}$ no pilar superior e $1 - \mu_{u,o}$ na barra BE, sendo

$$\mu_{u,o} = \frac{\gamma_b \text{ (barra)}}{\gamma_b \text{ (barra)} + \gamma'_B \text{ (pilar sup.)}} = \frac{81{,}0}{81{,}0 + 65{,}0} = 0{,}55$$

Um momento M = 1, que vem pelo pilar superior, transmitirá um momento $\mu_{o,u}$ ao pilar inferior e $1 - \mu_{o,u}$ à barra BE.

$$\mu_{o,u} = \frac{\gamma_b \text{ (barra)}}{\gamma_b \text{ (barra)} + \gamma_B \text{ (pilar inf.)}} = \frac{81{,}0}{81{,}0 + 32{,}0} = 0{,}72$$

Ponto E. Os coeficientes de transmissão serão:

$$\mu_u = \frac{47{,}3}{47{,}3 + 62{,}8} = 0{,}43$$

$$\mu_{u,o} = \frac{80{,}5}{80{,}5 + 47{,}3} = 0{,}63$$

$$\mu_{o,u} = \frac{80{,}5}{80{,}5 + 62{,}8} = 0{,}56$$

Devido aos momentos das consolas EE' e FF' (ver fig. 3) calcularemos ainda os coeficientes de transmissão dum momento M = 1 aplicado no próprio nó.

Ponto E.

Rotação da barra	$E\,\gamma_e = 80{,}5\ m^{-3}$
» do pilar superior	$E\,\gamma'_E = 47{,}3$ »
» do pilar inferior	$E\,\gamma_E = 62{,}8$ »

Coeficientes de transmissão:

Barra $$\mu_b = \frac{1 : 80{,}5}{1 : 80{,}5 + 1 : 47{,}3 + 1 : 62{,}8} = 0{,}25$$

Pilar superior $$\mu_{s,o} = \frac{1 : 47{,}3}{1 : 80{,}5 + 1 : 47{,}3 + 1 : 62{,}8} = 0{,}43$$

Pilar inferior $$\mu_{s,u} = \frac{1 : 62{,}8}{1 : 80{,}5 + 1 : 47{,}3 + 1 : 62{,}8} = 0{,}32$$

$$\Sigma\mu = 1{,}00$$

Ponto F.

Rotações $E\gamma_f = 113$, $E\gamma_F = 43{,}7$

Coeficientes de transmissão:

barra $$\mu_b = \frac{1 : 113}{1 : 113 + 1 : 43{,}7} = 0{,}28$$

pilar $$\mu_s = \frac{1 : 43{,}7}{1 : 113 + 1 : 43{,}7} = 0{,}72$$

$$\Sigma\mu = 1{,}00$$

Ponto C.

Rotações $E\gamma_c = 111$ $E\gamma_C = 58{,}4$

Coeficientes de transmissão:

barra $$\mu_b = \frac{1 : 111}{1 : 111 + 1 : 58{,}4} = 0{,}34$$

pilar $$\mu_s = \frac{1 : 58{,}4}{1 : 111 + 1 : 58{,}4} = 0{,}66$$

$$\Sigma\mu = 1{,}00$$

e) *Carga permanente. Momentos flectores na barra CF.*

Os momentos flectores serão considerados positivos nos seguintes casos:

No pórtico A — C — F — D quando produzem esforços de tracção no lado interior;
Na barra B — E quando produzem esforços de tracção na face inferior.
A carga permanente é p = 2670 kg/m actuando normalmente à barra (ver pág. 581).
Os momentos de encastramento da barra CF determinam-se pelas ordenadas

$$S_a = -\frac{1}{4} \cdot p\,l\,a = -\frac{1}{4} \cdot 2670 \cdot 10{,}00 \cdot 2{,}59 = -17300 \text{ kgm}$$

$$S_b = -\frac{1}{4} \cdot p\,l\,b = -\frac{1}{4} \cdot 2670 \cdot 10{,}00 \cdot 2{,}75 = -18400 \text{ kgm}$$

Por meio dêstes valores encontram-se os momentos primários nos apoios:

$$M_c = -\left(17300 - 1100 \cdot \frac{2{,}59}{4{,}66}\right) = -16690 \text{ kgm}$$

$$M_F = -\left(18400 + 1100 \cdot \frac{2{,}75}{4{,}66}\right) = -19050 \text{ kgm}$$

O momento M_c dará os seguintes momentos nos nós (ver fig. 9).

Ponto B.	Pilar superior	$+ 16690 \cdot \frac{1{,}98}{6{,}22}$	$= + 5300$ kgm
	Pilar inferior	$+ 0{,}72 \cdot 5300$	$= + 3820$ »
	Barra	$- 0{,}28 \cdot 5300$	$= - 1480$ »

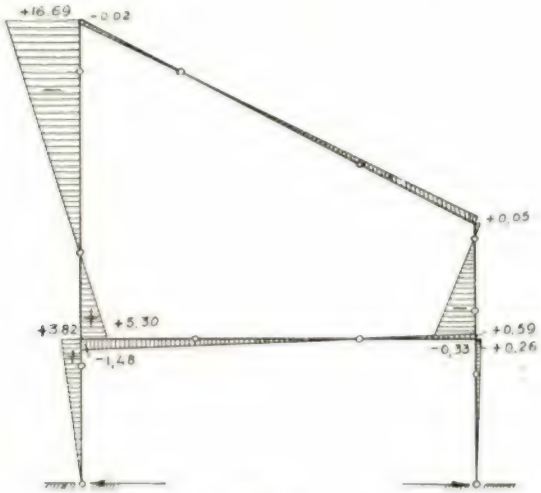


Fig. 9

Ponto E.	Barra	$+ 1480 \cdot \frac{2{,}52}{6{,}33}$	$= + 590$ kgm
	Pilar inferior	$+ 0{,}43 \cdot 590$	$= + 260$ »
	Pilar superior	$- 0{,}57 \cdot 590$	$= - 330$ »
Ponto F.		$+ 330 \cdot \frac{0{,}35}{2{,}25}$	$= + 50$ kgm
Ponto C.		$- 50 \cdot \frac{2{,}59}{7{,}41}$	$= - 20$ kgm

O momento M_F dará os seguintes momentos nos nós (ver fig. 10):

Ponto E.	Pilar superior	$+ 19050 \cdot \frac{0{,}59}{2{,}01}$	$= + 5600$ kgm
	Pilar inferior	$+ 0{,}56 \cdot 5600$	$= + 3150$ »
	Barra	$- 0{,}44 \cdot 5600$	$= - 2450$ »
Ponto B.	Barra	$+ 2450 \cdot \frac{2{,}59}{6{,}26}$	$= + 1010$ »

Pilar inferior	+	0,67 . 1010	= +	680	kgm
Pilar superior	—	0,33 . 1010	= —	330	»
Ponto C.	+ 330 . $\frac{1,18}{6,22}$		= +	60	»
Ponto F.	— 60 . $\frac{2,75}{7,25}$		= —	20	»

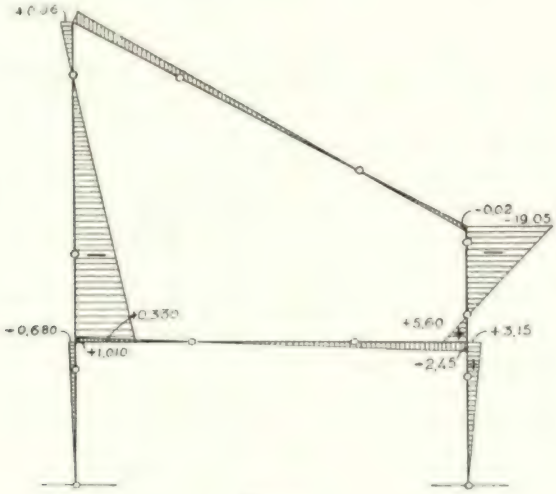


Fig. 10

Momentos resultantes.

Ponto B.	Pilar superior	+ 5300 — 330	= +	4970	kgm
	Pilar inferior	+ 3820 + 680	= +	4500	»
	Barra	— 1480 + 1010	= —	470	»
Ponto E.	Pilar superior	+ 5600 — 330	= +	5270	»
	Pilar inferior	+ 3150 + 260	= +	3410	»
	Barra	— 2450 + 590	= —	1860	»
Ponto C	— 16690 — 20 + 60		= —	16650	»
Ponto F	— 19050 + 50 — 20		= —	19020	»

f) *Carga permanente. Momentos flectores na barra BE* (ver fig. 4).

Reacções da viga simplesmente apoiada BE

$$B_0 = 1930 + 6630 \cdot \frac{6,525}{8,85} + 5320 \cdot \frac{4,275}{8,85} + 5290 \cdot \frac{3,875}{8,85} + 5750 \cdot \frac{2,025}{8,85} = 13040 \text{ kg} \qquad (11110)$$

$$E_0 = 6630 \cdot \frac{2,325}{8,85} + 5320 \cdot \frac{4,575}{8,85} + 5290 \cdot \frac{4,975}{8,85} + 5750 \cdot \frac{6,825}{8,85} = 11880 \text{ kg}$$

$$\overline{24920 \text{ kg}}$$

Momentos:

M_1:	11110 . 2,325	= 25800 kgm
M_2:	11110 . 4,575 — 6630 . 2,25	= 35900 »
M_3:	11880 . 3,875 — 5750 . 1,85	= 35350 »
M_4:	11880 . 2,025	= 24100 »

A carga acima indicada transforma-se numa carga equivalente como a seguir se indica:

$$\frac{1}{8} \cdot pl^2 = \frac{1}{8} \cdot p \cdot 8{,}85^2 = 9{,}80\ p = 35900, \qquad p = 3670 \text{ kg/m}$$

A linha dos momentos de encastramento da barra é determinada pelas ordenadas:

$$S_a = -\frac{1}{4} \cdot p\,l\,a = -\frac{1}{4} \cdot 3670 \cdot 8{,}85 \cdot 2{,}59 = 21000 \text{ kgm}$$

$$S_b = -\frac{1}{4} \cdot p\,l\,b = -\frac{1}{4} \cdot 3670 \cdot 8{,}85 \cdot 2{,}52 = 20400 \text{ kgm}$$

Os momentos primários nos nós da barra são

$$\text{Ponto B, barra} = -\left(21000 + 600 \cdot \frac{2{,}59}{3{,}74}\right) = -21400 \text{ kgm}$$

$$\text{Ponto E, barra} = -\left(20400 - 600 \cdot \frac{2{,}52}{3{,}74}\right) = -20000 \text{ kgm}$$

O momento da barra no ponto B dá:

Ponto B:	pilar inferior : $-0{,}67 \cdot 21400 =$	-14300 kgm
	pilar superior: $+0{,}33 \cdot 21400 =$	$+\ 7100$ »
Ponto C:	$-\frac{1{,}18}{6{,}02} \cdot 7100 =$	$-\ 1400$ »
Ponto F:	$+\frac{2{,}75}{7{,}25} \cdot 1400 =$	$+\ 530$ »
Ponto E:	pilar superior: $-\frac{0{,}59}{2{,}01} \cdot 530 =$	$-\ 160$ »
	pilar inferior : $-0{,}56 \cdot 160 =$	$-\ 90$ »
	barra : $+0{,}44 \cdot 160 =$	$+\ 70$ »

O momento no ponto E da barra dá:

Ponto E,	pilar inferior : $-0{,}43 \cdot 20000 =$	$-\ 8600$ »
	pilar superior: $+0{,}57 \cdot 20000 =$	$+\ 11400$ »

Ponto F :	$-\frac{0{,}35}{2{,}25} \cdot 11400$	$=-\ 1770$ kgm
Ponto C :	$+\frac{2{,}59}{7{,}41} \cdot 1770$	$=+\ 620$ »
Ponto B,	pilar superior: $-\frac{1{,}98}{5{,}22} \cdot 620$	$=-\ 240$ »
	pilar inferior : $-\ 0{,}72 \cdot 240$	$=-\ 170$ »
	barra : $+\ 0{,}28 \cdot 240$	$=+\ 70$ »

Momentos flectores resultantes.

Ponto B.	Barra : $-21400 + 70$	$=-21330$ kgm
	pilar inferior : $-14300 - 170$	$=-14470$ »
	pilar superior : $+\ 7100 - 240$	$=+\ 6860$ »

Ponto E. Barra : — 20000 + 80		= — 19920 kgm
pilar inferior : — 100 — 8600		= — 8700 »
pilar superior : — 180 + 11400		= + 11220 »
Ponto C : — 1600 + 620		= — 980 »
Ponto F : + 600 — 1770		= — 1170 »

g) *Carga permanente. Momentos flectores na consola FF'* (fig. 4).

Momento flector em $F = \frac{1}{2} \cdot 3600 \cdot 1{,}95^2 = 6850$ kgm

Ponto F, barra : — 0,28 . 6850		= — 1920 kgm
pilar : + 0,72 . 6850		= + 4930 »

O momento flector no ponto F dará agora :

Ponto C : $+ \frac{2{,}59}{7{,}41} \cdot 1920$		= + 670 kgm
Ponto B : pilar superior : $- \frac{1{,}98}{5{,}22} \cdot 670$		= — 260 »
pilar inferior : — 0,72 . 260		= — 190 »
barra : + 0,28 . 260		= + 70 »
Ponto E, barra : $- \frac{2{,}52}{6{,}33} \cdot 70$		= — 30 »
pilar superior : + 0,43 . 30		= + 10 »
pilar inferior : — 0,57 . 30		= — 20 »

O momento flector no pilar no ponto F dá :

Ponto E : pilar superior : $- \frac{0{,}59}{2{,}01} \cdot 4930$		= — 1450 kgm
pilar inferior : — 0,56 . 1450		= — 810 »
barra : + 0,44 . 1450		= + 640 »
Ponto B : barra : $- \frac{2{,}59}{6{,}26} \cdot 640$		= — 260 »
pilar inferior : — 0,67 . 260		= — 180 »
pilar superior : + 0,33 . 260		= + 80 »
Ponto C : $- \frac{1{,}18}{5{,}22} \cdot 80$		= — 20 »

Momentos resultantes.

Ponto B : barra : + 70 — 260		= — 190 kgm
pilar inferior : — 190 — 180		= — 370 »
pilar superior : — 260 + 80		= — 180 »
Ponto E : barra : — 30 + 640		= + 610 »
pilar inferior : — 20 — 810		= — 830 »
pilar superior : + 10 — 1450		= — 1440 »
Ponto C : + 670 — 20		= + 650 »
Ponto F : barra :		= — 1920 »
pilar :		= + 4930 »

h) *Carga permanenie. Momentos na consola EE'* (ver fig. 4).

Momento de encastramento em E:

Ponto E :	barra	: — 0,25 . 6330	= — 1580	kgm
	pilar inferior	: + 0,32 . 6330	= + 2020	»
	pilar superior	: — 0,43 . 6330	= — 2730	»

O momento na viga no ponto E dá:

Ponto B:	barra	$: + \frac{2,59}{6,26} . 1580$	= + 650	kgm
	pilar superior	: — 0,33 . 650	= — 210	»
	pilar inferior	: + 0,67 . 650	= + 440	»
Ponto C:		$+ \frac{1,18}{6,02} . 210$	= + 40	»
Ponto F:		$- \frac{2,75}{7,25} . 40$	= — 20	»

O momento no pilar superior no ponto E dá:

Ponto F:		$+ \frac{0,35}{2,25} . 2730$	= + 430	»
Ponto C:		$- \frac{2,59}{7,41} . 430$	= — 150	»
Ponto B:	pilar superior	$: + \frac{1,98}{5,22} . 150$	= + 60	»
	pilar inferior	: + 0,72 . 60	= + 40	»
	barra	: — 0,28 . 60	= — 20	»

Momentos resultantes.

Ponto B:	barra	: + 650 — 20	= + 630	»
	pilar inferior	: + 440 + 40	= + 480	»
	pilar superior	: — 210 + 60	= — 150	»
Ponto E:	barra		= — 1580	»
	pilar inferior	:	= + 2020	»
	pilar superior	:	= — 2730	»
Ponto C:		+ 40 — 150	= — 110	»
Ponto F:		— 20 + 430	= + 410	»

i) *Momentos totais devidos à carga permanente*

		e)	f)	g)	h)	Mom. total M_s	
Ponto B :	barra	: — 0,47	— 21,33	— 0,19	+ 0,63	— 21,36 tm	
	pilar inferior	: + 4,50	— 14,47	— 0,37	+ 0,48	— 9,86 »	
	pilar superior	: + 4,97	+ 6,86	— 0,18	— 0,15	+ 11,50 »	
Ponto E :	barra	: — 1,86	— 19,92	+ 0,61	— 1,58	— 22,75 »	6330
	pilar inferior	: + 3,41	— 8,70	— 0,83	+ 2,02	— 4,10 »	
	pilar superior	: + 5,27	+ 11,22	— 1,44	— 2,73	+ 12,32 »	

Ponto C :	barra e pilar	: — 16,65	— 0,98	+ 0,65	— 0,11	— 17,09 tm	
Ponto F :	barra	: — 19,02	— 1,17	— 1,92	+ 0,41	— 21,70 »	6850
	pilar	: — 19,02	— 1,17	+ 4,93	+ 0,41	— 14,85 »	

j) *Sobrecarga. Momentos na viga CF* (ver fig. 4).

s = 2260 kg/m perpendicularmente à viga
p = 2670 kg/m perpendicularmente à viga

Os momentos produzidos pela sobrecarga serão

$$\frac{2260}{2670} \cdot 100 = 85\ \%$$ dos valores encontrados no capítulo e)

Teremos pois:

Ponto B :	barra	: — 0,40 tm
	pilar inferior	: + 3,83 »
	pilar superior	: + 4,22 »
Ponto E :	barra	: — 1,58 »
	pilar inferior	: + 2,90 »
	pilar superior	: + 4,48 »
Ponto C :		— 14,15 »
Ponto F :		— 16,15 »

k) *Sobrecarga. Momentos na viga BE* (ver fig. 4).

Na viga BE simplesmente apoiada teremos:
Reacções dos apoios:

$$B_o = 1680 + 3260 \cdot \frac{6{,}525}{8{,}85} + 3230 \cdot \frac{4{,}275}{8{,}85} + 4680 \cdot \frac{3{,}875}{8{,}85} + 6080 \cdot \frac{2{,}025}{8{,}85} = \overset{(7460\ \text{kg})}{9140\ \text{kg}}$$

$$E_o = 3260 \cdot \frac{2{,}325}{8{,}85} + 3230 \cdot \frac{4{,}575}{8{,}85} + 4680 \cdot \frac{4{,}975}{8{,}85} + 6080 \cdot \frac{6{,}825}{8{,}85} = 9790\ »$$

18930 kg

Momentos flectores:

$$M_1 = 7460 \cdot 2{,}325 = 17150\ \text{kgm}$$
$$M_2 = 7460 \cdot 4{,}575 - 3260 \cdot 2{,}25 = 26550\ »$$
$$M_3 = 9790 \cdot 3{,}875 - 6080 \cdot 1{,}85 = 27000\ »$$
$$M_4 = 9790 \cdot 2{,}025 = 20100\ »$$

A sobrecarga indicada na fig. 4 transforma-se numa sobrecarga equivalente uniformemente distribuída como a seguir se indica:

$$\frac{1}{8}\, s\, l^2 = \frac{1}{8}\, s \cdot 8{,}85^2 = 9{,}80\, s = 27000 \qquad s = 2760\ \text{kg/m}$$
$$p = 3670\ »$$

Os momentos produzidos pela sobrecarga serão:

$$\frac{2760}{3670} \cdot 100 = 75\ \%$$ dos valores encontrados no capítulo f).

Teremos pois:

Ponto B:	barra	: — 15,98 tm
	pilar inferior	: — 10,83 tm
	pilar superior	: + 5,15 tm
Ponto E:	barra	: — 14,92 tm
	pilar inferior	: — 6,51 tm
	pilar superior	: + 8,41 tm
Ponto C:		— 0,74 tm
Ponto F:		— 0,88 tm

l) *Sobrecarga. Momentos na consola F F'*

$$s = 2800 \text{ kg/m}$$
$$p = 3600 \text{ kg/m}$$

Os momentos produzidos pela sobrecarga serão:

$$\frac{2800}{3600} \cdot 100 = 78\ \% \text{ dos valores encontrados no capítulo g).}$$

Teremos pois:

Ponto B:	barra	: — 0,15 tm
	pilar inferior	: — 0,29 tm
	pilar superior	: — 0,14 tm
Ponto E:	barra	: + 0,48 tm
	pilar inferior	: — 0,66 tm
	pilar superior	: — 1,12 tm
Ponto C:		+ 0,51 tm
Ponto F:	barra	: — 1,50 tm
	pilar	: + 3,85 tm

m) *Sobrecarga. Momentos na consola EE'*

Momento em E $= 0{,}175 \cdot 5600 + 1{,}95 \cdot 3480 = 7780$ kgm

Êste momento flector é $\frac{7780}{6330} \cdot 100 = 123\ \%$ do valor achado no capítulo h)

Teremos pois:

Ponto B:	barra	: + 0,77 tm
	pilar inferior	: + 0,59 tm
	pilar superior	: — 0,18 tm
Ponto E:	barra	: — 1,94 tm
	pilar inferior	: + 2,48 tm
	pilar superior	: — 3,36 tm
Ponto C:		— 0,14 tm
Ponto F:		+ 0,50 tm

n) *Pressão do vento vindo da esquerda* (fig. 5).

1) *Pressão do vento na consola CC'*

$$\text{Momento em C: } \frac{1}{2} \cdot 585 \cdot 2{,}95^2 = 2550 \text{ kgm}$$

Êste momento distribui-se da forma seguinte:

À viga CF no ponto C : $+ 0{,}34 \cdot 2550 = + 870$ kgm
Ao pilar CB no ponto C: $- 0{,}66 \cdot 2550 = - 1680$ »

O momento na viga CF dará:

Ponto F : $-\frac{2{,}75}{7{,}25} \cdot 870 = - 330$ »

Ponto E: pilar superior : $+\frac{0{,}59}{2{,}01} \cdot 330 = + 100$ »
pilar inferior : $+ 0{,}56 \cdot 100 = + 60$ »
barra : $- 0{,}44 \cdot 100 = - 40$ »

Ponto B: barra : $+\frac{2{,}59}{6{,}26} \cdot 40 = + 20$ »
pilar inferior : $+ 0{,}67 \cdot 20 = + 15$ »
pilar superior : $- 0{,}33 \cdot 20 = - 5$ »

O momento no pilar CB dará:

Ponto B: pilar superior : $+\frac{1{,}98}{5{,}22} \cdot 1680 = + 640$ »
pilar inferior : $+ 0{,}72 \cdot 640 = + 460$ »
barra : $- 0{,}28 \cdot 640 = - 180$ »

Ponto E: barra : $+\frac{2{,}52}{5{,}33} \cdot 180 = + 70$ »
pilar inferior : $+ 0{,}43 \cdot 70 = + 30$ »
pilar superior : $- 0{,}57 \cdot 70 = - 40$ »

O momento total resultante da sobrecarga *n 1*) será:

Ponto B: barra : $+ 20 - 180 = - 160$ »
pilar inferior : $+ 15 + 460 = + 475$ »
pilar superior : $- 5 + 640 = + 635$ »

Ponto E : barra : $- 40 + 70 = + 30$ kgm
pilar inferior : $+ 60 + 30 = + 90$ »
pilar superior : $+ 100 - 40 = + 60$ »

Ponto C : barra : $= + 870$ »
pilar : $= - 1680$ »
Ponto F : $= - 330$ »

2) *Pressão do vento no pilar BC.*

A linha dos momentos de encastramento é determinada pelas seguintes ordenadas nos pontos J e K:

$$S_a = -\frac{1}{4}\,vha = -\frac{1}{4} \cdot 585 \cdot 7{,}20 \cdot 1{,}98 = -2080 \text{ kgm}$$

$$S_b = -\frac{1}{4}\,vhb = -\frac{1}{4} \cdot 585 \cdot 7{,}20 \cdot 1{,}18 = -1250 \text{ kgm}$$

Os números primários correspondentes nos nós do pilar serão:

$$\text{Ponto C : pilar : } -\left(1250 - 830 \cdot \frac{1{,}18}{4{,}04}\right) = -\ 1010 \text{ kgm}$$

$$\text{Ponto B : pilar : } -\left(2080 + 830 \cdot \frac{1{,}98}{4{,}04}\right) = -\ 2490 \text{ kgm}$$

O momento no ponto C produz os seguintes momentos:

Ponto F		$: +\ \frac{2{,}75}{7{,}25} \cdot 1010$	$= +\ 380$	kgm
Ponto E :	pilar superior	$: -\ \frac{0{,}59}{2{,}01} \cdot 380$	$= -\ 110$	»
	pilar inferior	$: -\ 0{,}56 \cdot 110$	$= -\ 60$	»
	barra	$: +\ 0{,}44 \cdot 110$	$= +\ 50$	»
Ponto B :	barra	$: =\ \frac{2{,}59}{6{,}26} \cdot 50$	$= -\ 20$	»
	pilar inferior	$: -\ 0{,}67 \cdot 20$	$= -\ 15$	»
	pilar superior	$: +\ 0{,}33 \cdot 20$	$= +\ 5$	»

O momento no ponto B produz os seguintes momentos:

Ponto B:	pilar inferior	$: -\ 0{,}72 \cdot 2490$	$= -\ 1800$	kgm
	barra	$: +\ 0{,}28 \cdot 2490$	$= +\ 690$	»
Ponto E:	barra	$: -\ \frac{2{,}52}{6{,}33} \cdot 690$	$= -\ 280$	»
	pilar inferior	$: -\ 0{,}43 \cdot 280$	$= -\ 120$	»
	pilar superior	$: +\ 0{,}57 \cdot 280$	$= +\ 160$	»
Ponto F:		$-\ \frac{0{,}35}{2{,}25} \cdot 160$	$= -\ 30$	»

O momento total resultante da sobrecarga *n* 2) será:

Ponto B:	barra	$: -\ 20 + 690$	$= +\ 670$	»
	pilar inferior	$: -\ 15 - 1800$	$= -\ 1815$	»
	pilar superior	$: -\ 2490 + 5$	$= -\ 2485$	»
Ponto E:	barra	$: +\ 50 - 280$	$= -\ 230$	»
	pilar inferior	$: -\ 60 - 120$	$= -\ 180$	»
	pilar superior	$: -\ 110 + 160$	$= +\ 50$	»
Ponto C:			$= -\ 1010$	»
Ponto F:		$+\ 380 - 30$	$= +\ 350$	»

3) *Pressão do vento no pilar AB.*

$$S_b = -\frac{1}{4}\,vhb = -\frac{1}{4} \cdot 585 \cdot 3{,}60 \cdot 0{,}61 = -\ 320 \text{ »}$$

Ponto B:	pilar inferior	: $-\ 320 \cdot \frac{3{,}20}{2{,}59}$	$= -$	400 kgm
	pilar superior	: $-\ 0{,}55 \cdot 400$	$= -$	220 »
	barra	: $-\ 0{,}45 \cdot 400$	$= -$	180 »

O momento flector na viga no ponto B produzirá os momentos seguintes:

Ponto E:	barra	: $+\ \frac{2{,}52}{6{,}33} \cdot 180$	$= +$	70 kgm
	pilar inferior	: $+\ 0{,}43 \cdot 70$	$= +$	30 »
	pilar superior	: $-\ 0{,}57 \cdot 70$	$= -$	40 »

O momento no pilar em B produzirá:

Ponto C : $+\ \frac{1{,}18}{6{,}02} \cdot 220 \qquad = +\ 40$ kgm

Ponto F : $-\ \frac{2{,}75}{7{,}25} \cdot 40 \qquad = -\ 15$ kgm

4) *Momento total resultante da pressão do vento da esquerda.*

			n1	n2	n3	Total (n1 + n2 + n3)
Ponto B :	barra	:	− 160	+ 670	− 180	+ 330 kgm
	pilar inferior	:	+ 475	− 1815	− 400	− 1740 »
	pilar superior	:	+ 635	− 2485	− 220	− 2070 »
Ponto E :	barra	:	+ 30	− 230	+ 70	− 130 »
	pilar inferior	:	+ 90	− 180	+ 30	− 60 »
	pilar superior	:	+ 60	+ 50	− 40	+ 70 »
Ponto C :	barra	:	+ 870	− 1010	+ 40	− 100 »
	pilar	:	− 1680	− 1010	+ 40	− 2650 »
Ponto F :		:	− 330	+ 350	− 15	+ 5 »

o) *Pressão do vento vindo da direita (fig. 5).*

1) *Pressão do vento na consola CC'.*

Os momentos produzidos no pórtico são iguais aos produzidos pelo vento da esquerda, mas com sinal contrário.

2) *Pressão do vento na barra CF.*

$$v = 124 \text{ kg/m}$$

$$p = 2670 \text{ kg/m}$$

Os momentos produzidos pela pressão v do vento serão

$\frac{124}{3400} \cdot 100 = 3{,}7\,\%$ dos valores encontrados no capítulo e)

Ponto B:	barra	$:= -\ 20$ kgm
	pilar inferior	$:= +\ 170$ »
	pilar superior	$:= +\ 190$ »
Ponto E:	barra	$:= -\ 70$ »
	pilar inferior	$:= +\ 130$ »
	pilar superior	$:= +\ 200$ »
Ponto C:		$= -620$ »
Ponto F:		$= -710$ »

3) *Pressão do vento no pilar EF.*

$$S_a = -\frac{1}{4}\ v\,h\,a = -\frac{1}{4} \cdot 585 \cdot 2{,}60 \cdot 0{,}59 = -220 \text{ kgm}$$

$$S_b = -\frac{1}{4}\ v\,h\,b = -\frac{1}{4} \cdot 585 \cdot 2{,}60 \cdot 0{,}35 = -130 \text{ kgm}$$

Ponto E: pilar superior : $-\left(130 - \frac{0{,}35}{1{,}66} \cdot 90\right) = -110$ kgm

Ponto F: pilar inferior : $-\left(220 + \frac{0{,}59}{1{,}66} \cdot 90\right) = -250$ »

Ponto C: $+\frac{2{,}59}{7{,}41} \cdot 250 = +\ 90$ »

O momento no pilar em E produz os seguintes momentos:

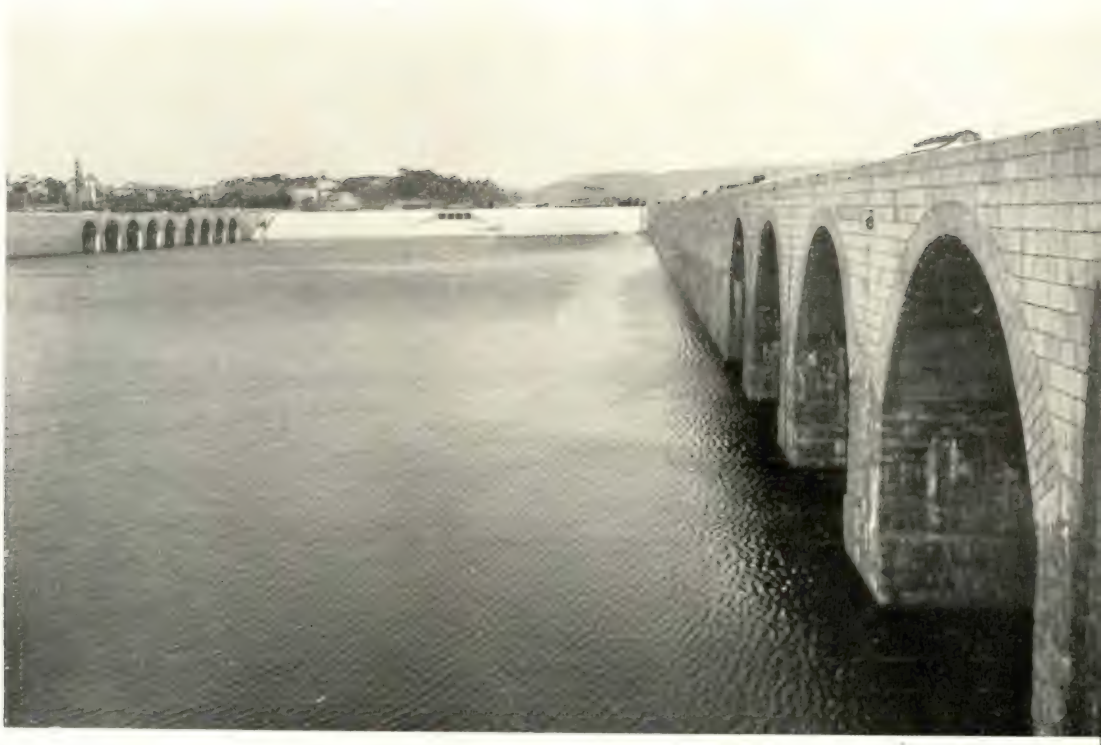
Ponto E:	pilar inferior	$:-\ 0{,}56 \cdot 110 = -60$ kgm
	barra	$:+\ 0{,}44 \cdot 110 = -50$ »
Ponto B:	barra	$:-\frac{2{,}59}{6{,}26} \cdot 50 = -20$ »
	pilar inferior	$:-\ 0{,}67 \cdot 20 = -15$ »
	pilar superior	$:+\ 0{,}33 \cdot 20 = -\ 5$ »

4) *Momento total resultante do vento da direita.*

		01	02	03	Total (01 + 02 + 03)
Ponto B:	barra	: + 160	− 20	− 20	+ 120 kgm
	pilar inferior	: − 475	+ 170	− 15	− 320 »
	pilar superior	: − 635	+ 190	+ 5	− 440 »
Ponto E:	barra	: − 30	− 70	+ 50	− 50 »
	pilar inferior	: − 90	+ 130	− 60	− 20 »
	pilar superior	: − 60	+ 200	− 110	+ 30 »
Ponto C:	barra	: + 870	− 620	+ 90	+ 340 »
	pilar	: − 1680	− 620	+ 90	− 2210 »
Ponto F:		: + 330	− 710	− 250	− 630 »

(Conclui no próximo número)

VISTA TIRADA DA CABEÇA SUL



PÔRTO DE LEIXÕES

DOCA N.º 1

SAÍDA DO DESCARREGADOR DO RIO LEÇA

PÔRTO DE PENICHE

Alguns aspectos do molhe norte durante o temporal de Janeiro de 1939

Considerações de ordem prática e teórica sôbre a condutibilidade de soluções muito concentradas

PELO DR. ARTUR DE SOUSA

Na prática e no laboratório é muitas vezes necessário determinar a condutibilidade de soluções boas condutoras (por exemplo, ácidos e bases concentradas, etc.) por meio da montagem clássica de Kohlrausch.

É com grande dificuldade que se chega a resultados satisfatórios e geralmente encontramo-nos na impossibilidade de determinar a condutibilidade desejada.

Esta lacuna do método clássico das condutibilidades justifica até certo ponto, a falta de dados e de literatura sôbre as condutibilidades de soluções boas condutoras. É com admiração que se constata que os modernos tratados de Química-Física e os manuais de laboratório, nem mesmo abordam êste obscuro capítulo. Certos autores contentam-se em relatar os inconvenientes da ponte de Wheatstone e do telefone usado como indicador de zero, no caso de soluções de fraca resistência.

Se quisermos, por exemplo, medir a resistência de uma solução de ácido clorídrico 8 a 10 vezes normal, servindo-nos de um vaso destinado às condutibilidades ordinárias e da montagem usual, não encontraremos posição determinada para a qual o telefone permaneça silencioso e será impossível encontrarmos o mínimo de som. Com efeito a diminuïção de som corresponde ao deslocamento do cursor de alguns centímetros e é muito difícil localizar o mínimo.

Qual a razão porque não se obtém uma posição determinada do cursor correspondente ao silêncio absoluto no telefone? As equações da ponte de Wheatstone aplicadas à montagem de Kohlrausch, onde se admite que as resistências bem como os braços da ponte são desprovidas de auto-indução e capacidade (1), exprimem a existência do equilíbrio da ponte para uma só posição do cursor, isto é, para uma relação dada de segmentos determinados pelo cursor sôbre o fio da ponte. É portanto evidente que para se obter o equilíbrio nenhuma corrente deverá atravessar o telefone e por conseqüência o zero da ponte será nítido (2).

Como poderemos explicar a anomalia da ponte de Wheatstone no caso de soluções muito pouco resistentes? É necessário admitir que se introduziu num dos ramos, resistências com capacidade e indução. Para os electrólitos ordinários, isto é de grande resistência (100 a 1.000 ohms) obtém-se um zero satisfatório. Na verdade um pequeno deslocamento $\triangle 1$ do cursor é tolerado em conformidade com a sensibilidade do telefone ou do instrumento indicador. É portanto sòmente quando o electrólito tem uma resistência de apenas alguns ohms, por exemplo de 1 a 5 ohms, que o zero não existe e o mínimo de som corresponde ao deslocamento do cursor de alguns centímetros ao longo do fio resistente.

Algumas precauções necessárias

Do que se disse, deve-se admitir que o electrólito concentrado é a causa dêste inconveniente. A sua presença no vaso de medida introduz a par da resistência ohmica, uma capacidade no ramo onde está o vaso. Está-se

(1) Na realidade o material (sobretudo as resistências padrões, são construídas de maneira a eliminar os efeitos da auto-indução e da capacidade.

(2) Com a condição de nos servirmos de um oscilador desprovido de harmónicas.

por conseqüência em presença de uma resistência e duma capacidade em paralelo, cuja impedância medimos.

A existência da capacidade explica a não obtenção de um zero nítido em virtude da montagem não ser constituída por resistências puramente ohmicas. Com efeito, cada vez que a corrente do ramo do vaso passa por um mínimo, o condensador descarrega-se, havendo pois sempre uma corrente que circula neste ramo e por conseqüência no telefone. O efeito da capacidade do vaso cria uma diferença de fases nos dois ramos da ponte.

Na impossibilidade de destruirmos esta acção nefasta [1] é necessário tentarmos compensar o ramo simétrico. Então dever-se-á obter o zero com precisão. Tôda a técnica desta compensação consiste portanto em equilibrar de maneira tão exacta quanto possível a impedância total do ramo onde se encontra o vaso. A compensação pode-se esquematizar segundo a fig. 1.

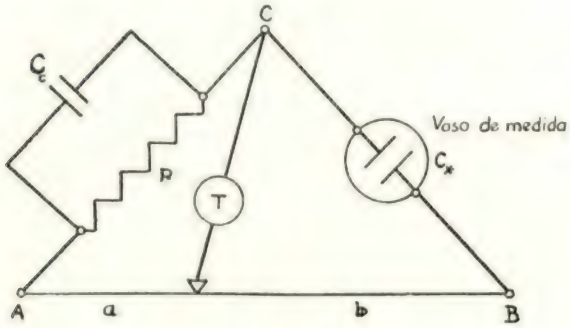


Fig. 1

Onde:

R = resistência padrão
C_c = capacidade de compensação
T = telefone ou instrumento indicador de zero.

As condições de equilíbrio da ponte são:

C_c = capacidade do vaso de medida = C_x
R_x = resistência do vaso de medida = R
Então
$\varphi_{AB} = \varphi_{AC}$ (I)

Neste momento o cursor encontrar-se-á exacamente no meio do fio *e* $a = b$.

[1] O efeito existe para qualquer electrólito, mas acentua-se no caso de soluções concentradas.

Estudo teórico e experimental do dispositivo de compensação

É muito difícil, senão quási impossível realizar as condições de equilíbrio dadas por (I). Só um feliz acaso na escolha de C_c e de R permite esta realização ideal. Pràticamente não se procede desta maneira. Dispõe-se de uma resistência padrão da ordem de grandeza da do electrólito, e de uma série de condensadores. Para não aumentar o número de condensadores empregados, realiza-se a montagem seguinte que permite o uso dum mesmo condensador ou dum pequeno número de condensadores, e chegar a equilibrar a ponte (obter um zero satisfatório) por meio de uma resistência R_c colocada em série com o condensador.

O esquema da fig. 1 transforma-se então no da fig. 2.

Onde:

R_x = resistência do vaso
C_x = capacidade do vaso
C_c = capacidade de compensação
R_c = resistência de compensação
R = resistência padrão
ω = pulsação.

Vejamos agora as equações da ponte (fig. 2).

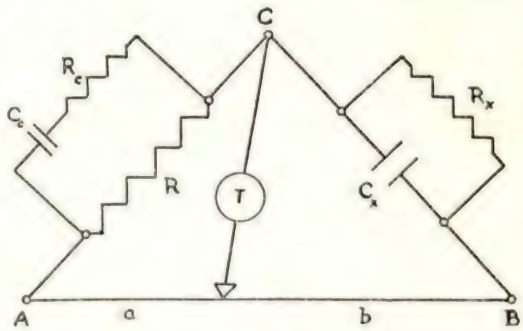


Fig. 2

A condição de equilíbrio é:

$$\frac{a}{R_{AC}} = \frac{b}{R_{BC}}$$

A notação simbólica permite-nos escrever:

$$\frac{a}{R_{AC}} = \frac{a}{R} + \frac{a}{R_c + \frac{1}{C_c \cdot \omega \cdot j}} \qquad j = \sqrt{-1} \qquad \text{(II)}$$

$$\frac{b}{R_{CB}} = \frac{b}{R_x} + b \,.\, C_x \,.\, \omega \,.\, j \qquad \text{(III)}$$

Igualando as partes reais das duas equações, obtém-se a seguinte condição de equilíbrio:

$$\frac{a}{R} + \frac{a\, R_c}{R_c^2 + \dfrac{1}{C_c^2\, \omega^2}} = \frac{b}{R_x} \qquad \text{(IV)}$$

Na montagem que realizámos, como R_c e C_c eram pequenos as últimas expressões transformaram-se em

$$\frac{a}{R} = \frac{b}{R_x} \quad \text{donde} \quad R_x = \frac{b}{a} R \qquad \text{(V)}$$

Verifiquemos a partir dos dados numéricos do nosso dispositivo de compensação se poderemos sem cometer grande êrro, omitir uma parte da equação (IV). Com efeito temos:

$$\omega = 2\, \pi\, F$$

Admitindo $F = 1000$ períodos por segundo (número muito elevado para medidas de condutibilidade) teremos

$$\omega = 6.000 \text{ aproximadamente}$$

Por outro lado temos

$R_c = 10$ ohms (aproximadamente)
$C_c = 10$ microfarads $= 10^{-5}$ farad

a está compreendido entre 20 e 80.

Introduzindo os valores numéricos em (IV) obtemos

$$\frac{b}{R_x} = \frac{a}{R} + \frac{a.\ 10}{100 + \dfrac{1}{10^{-10}.6.10^3}} = \sim \frac{a}{R} + \frac{10^5}{a}$$

Pode-se desprezar a segunda fracção e teremos

$$\frac{b}{R_x} = \frac{a}{R}$$

Donde

$$R_x = \frac{b}{a} R$$

Realização prática do dispositivo de compensação

Utilizámos condensadores e resistências variáveis, ligadas segundo o esquema da fig. 3.

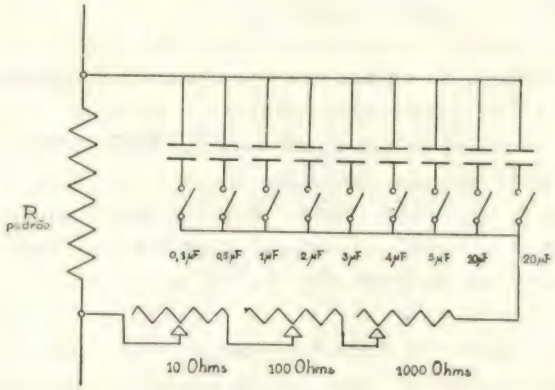


Fig. 3

Para obter a compensação, introduz-se no circuito os condensadores até obtermos uma melhoria do zero (diminuïção do som no telefone nas proximidades da presumível posição do zero) e regulam-se em seguida sucessivamente as 3 resistências variáveis até que o afastamento da posição de equilíbrio se reduza a uma fracção de milímetro.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SÔBRE O MÉTODO DE POGGENDORFF

POR VASCO MENDES DE SOUSA

(Do Curso de Engenharia de Minas)

No método de Poggendorff, para a medida dos pequenos desvios angulares, exige-se entre outras a seguinte condição:

O plano do eixo do óculo, da normal ao espelho e da escala deve ser perpendicular ao eixo de rotação do espelho.

A-fim de se satisfazer esta condição empregam-se escalas de vidro atrás dos quais se coloca o óculo, sendo indispensável entrar com a correcção devida ao desvio que os raios luminosos sofrem depois de atravessarem a escala.

No presente trabalho generaliza-se o método de Poggendorff para o caso em que o plano do eixo do óculo, da normal ao espelho e da escala não é perpendicular ao eixo de rotação do espelho. Neste caso podem empregar-se escalas opacas com o óculo colocado por cima delas.

Na dedução que se segue suporemos:

1.º — que o plano do espelho é vertical.

2.º — que o eixo de rotação do espelho é vertical. Tomaremos êste eixo para eixo oz.

3.º — que o plano do raio incidente (plano do eixo do óculo), normal inicial e raio reflectido inicial é vertical. Tomaremos êste plano para plano dos yz.

Procuraremos em primeiro lugar a equação do raio reflectido final, por meio do cálculo vectorial.

Sejam:

i — vector unitário com a direcção do raio incidente.

n_1 — vector unitário com a direcção da normal inicial.

r_1 — vector unitário com a direcção do raio reflectido inicial.

n_2 — vector unitário com a direcção da normal final.

r_2 — vector unitário com a direcção do raio reflectido final.

δ — ângulo de i com n_1 = ângulo de n_1 com r_1

φ — ângulo de i com n_2 = ângulo de n_2 com r_2

θ — ângulo de n_1 com n_2.

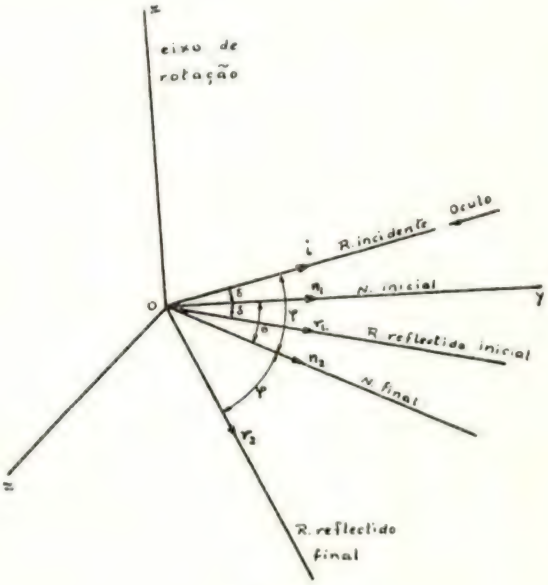


Fig. 1

As expressões cartesianas dos diferente vectores unitários indicados serão:

$$\begin{cases} i = \cos\delta.\ J + \operatorname{sen}\delta.\ K \\ n_1 = J \\ n_2 = \operatorname{sen}\theta.\ I + \cos\theta.\ J \\ r_1 = \cos\delta.\ J - \operatorname{sen}\delta.\ K \\ r_2 = \alpha\ I + \beta\ J + \gamma\ K \end{cases} \qquad (1)$$

onde I. J. K são os vectores unitários das direcções $0x$, $0y$ e $0z$ e α, β, γ os cosenos directores do vector r_2 que constituem as nossas incógnitas.

Da fig. 1 vê-se que:

$$\cos\varphi = i/n_2 = \cos\theta.\cos\delta \qquad (2)$$

$$\begin{cases} r_2/n_2 = \cos\varphi = \operatorname{sen}\theta.\,\alpha + \cos\theta.\,\beta \\ r_2/i = \cos 2\varphi = \cos\delta.\,\beta + \operatorname{sen}\delta.\,\gamma \\ r_2/n_2 \wedge i = \begin{vmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ \operatorname{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & \cos\delta & \operatorname{sen}\delta \end{vmatrix} = 0 \end{cases} \qquad (3)$$

O sistema (3) pode escrever-se da seguinte maneira:

$$\begin{cases} \operatorname{sen}\theta.\,\alpha + \cos\theta.\,\beta = \cos\varphi \\ \cos\delta.\,\beta + \operatorname{sen}\delta.\,\gamma = \cos 2\varphi \\ \cos\theta.\operatorname{sen}\delta.\,\alpha - \operatorname{sen}\theta.\operatorname{sen}\delta.\,\beta + \\ \qquad + \operatorname{sen}\theta.\cos\delta.\,\gamma = 0 \end{cases} \qquad (3')$$

O sistema (3') e a equação (2) vão permitir-nos determinar as incógnitas α, β e γ.

$$\Delta = \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & \cos\delta & \operatorname{sen}\delta \\ \cos\theta.\operatorname{sen}\delta & -\operatorname{sen}\theta.\operatorname{sen}\delta & \operatorname{sen}\theta.\cos\delta \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} &= \operatorname{sen}^2\theta.\cos^2\delta + \cos^2\theta.\operatorname{sen}^2\delta + \operatorname{sen}^2\theta.\operatorname{sen}^2\delta \\ &= \operatorname{sen}^2\theta + \cos^2\theta.\operatorname{sen}^2\delta \\ &= 1 - \cos^2\theta + \cos^2\theta.\operatorname{sen}^2\delta \\ &= 1 - \cos^2\theta\,(1 - \operatorname{sen}^2\delta) \\ &= 1 - \cos^2\theta.\cos^2\delta \\ &= 1 - \cos^2\varphi \text{ (ver equação 2)} \\ &= \operatorname{sen}^2\varphi \end{aligned}$$

$$\Delta_\alpha = \begin{vmatrix} \cos\varphi & \cos\theta & 0 \\ \cos 2\varphi & \cos\delta & \operatorname{sen}\delta \\ 0 & -\operatorname{sen}\theta.\operatorname{sen}\delta & \operatorname{sen}\theta.\cos\delta \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} &= \operatorname{sen}\theta.\cos^2\delta.\cos\varphi + \operatorname{sen}\theta.\operatorname{sen}^2\delta.\cos\varphi - \\ &\qquad - \operatorname{sen}\theta.\cos\theta\cos\delta.\cos 2\varphi \\ &= \operatorname{sen}\theta.\cos\varphi - 2\operatorname{sen}\theta.\cos\theta.\cos\delta.\cos^2\varphi + \\ &\qquad + \operatorname{sen}\theta.\cos\theta.\cos\delta \\ &= \operatorname{sen}\theta.\cos\varphi - 2\operatorname{sen}\theta.\cos^3\varphi + \operatorname{sen}\theta.\cos\varphi \\ &\qquad \text{(ver equação 2)} \\ &= 2\operatorname{sen}\theta.\cos\varphi - 2\operatorname{sen}\theta.\cos^3\varphi \\ &= 2\operatorname{sen}\theta.\cos\varphi\,(1 - \cos^2\varphi) \\ &= 2\operatorname{sen}\theta.\cos\varphi.\operatorname{sen}^2\varphi \\ &= 2\operatorname{sen}\theta.\cos\theta.\cos\delta.\operatorname{sen}^2\varphi \text{ (ver equação 2)} \\ &= \operatorname{sen}2\theta.\cos\delta.\operatorname{sen}^2\varphi \end{aligned}$$

$$\Delta_\beta = \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\theta & \cos\varphi & 0 \\ 0 & \cos 2\varphi & \operatorname{sen}\delta \\ \cos\theta.\operatorname{sen}\delta & 0 & \operatorname{sen}\theta.\cos\delta \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} &= \operatorname{sen}^2\theta.\cos\delta.\cos 2\varphi + \cos\theta.\operatorname{sen}^2\delta.\cos\varphi \\ &= 2\operatorname{sen}^2\theta.\cos\delta.\cos^2\varphi - \operatorname{sen}^2\theta.\cos\delta + \cos\theta. \\ &\quad \operatorname{sen}^2\delta.\cos\varphi \\ &= 2\cos\delta.\cos^2\varphi - 2\cos^2\theta.\cos\delta.\cos^2\varphi - \\ &\quad - \cos\delta + \cos^2\theta.\cos\delta + \cos\theta.\cos\varphi - \\ &\quad - \cos\theta.\cos^2\delta.\cos\varphi \\ &= 2\cos\delta.\cos^2\varphi - 2\cos\theta.\cos^3\varphi - \cos\delta + \\ &\quad + \cos\theta.\cos\varphi + \cos\theta.\cos\varphi - \cos\delta. \\ &\quad \cos^2\varphi \text{ (ver equação 2)} \\ &= \cos\delta.\cos^2\varphi - 2\cos\theta.\cos^3\varphi - \cos\delta + \\ &\quad + 2\cos\theta.\cos\varphi \\ &= \cos\delta\,(\cos^2\varphi - 1) + 2\cos\theta.\cos\varphi\,(1 - \cos^2\varphi) \\ &= 2\cos\theta.\cos\varphi.\operatorname{sen}^2\varphi - \cos\delta.\operatorname{sen}^2\varphi \\ &= 2\cos^2\theta.\cos\delta.\operatorname{sen}^2\varphi - \cos\delta.\operatorname{sen}^2\varphi \text{ (ver} \\ &\quad \text{equação 2)} \\ &= (2\cos^2\theta - 1)\cos\delta.\operatorname{sen}^2\varphi \\ &= \cos 2\theta.\cos\delta.\operatorname{sen}^2\varphi \end{aligned}$$

$$\Delta\gamma = \begin{vmatrix} \operatorname{sen}\theta & \cos\theta & \cos\varphi \\ 0 & \cos\delta & \cos 2\varphi \\ \cos\theta.\operatorname{sen}\delta & -\operatorname{sen}\theta.\operatorname{sen}\delta & 0 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} &= \cos^2\theta.\operatorname{sen}\delta.\cos 2\varphi - \cos\theta.\operatorname{sen}\delta.\cos\varphi + \\ &\quad + \operatorname{sen}^2\theta.\operatorname{sen}\delta.\cos 2\varphi \\ &= \operatorname{sen}\delta.\cos 2\varphi - \cos\theta.\operatorname{sen}\delta.\cos\delta.\cos\varphi \\ &= 2\operatorname{sen}\delta.\cos^2\varphi - \operatorname{sen}\delta - \cos\theta.\operatorname{sen}\delta.\cos\delta. \\ &\quad \cos\varphi \\ &= 2\operatorname{sen}\delta.\cos^2\varphi - \operatorname{sen}\delta - \operatorname{sen}\delta.\cos^2\varphi \text{ (ver} \\ &\quad \text{equação 2)} \\ &= \operatorname{sen}\delta.\cos^2\varphi - \operatorname{sen}\delta \\ &= -\operatorname{sen}\delta\,(1 - \cos^2\varphi) \\ &= -\operatorname{sen}\delta.\operatorname{sen}^2\varphi \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \alpha = \dfrac{\Delta\alpha}{\Delta} = \operatorname{sen}2\theta.\cos\delta \\ \beta = \dfrac{\Delta\beta}{\Delta} = \cos 2\theta.\cos\delta \\ \gamma = \dfrac{\Delta\gamma}{\Delta} = -\operatorname{sen}\delta \end{cases} \qquad (4)$$

Os cálculos efectuados verificam-se fàcilmente recorrendo à equação:

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1 \qquad (5)$$

substituindo $\alpha\ \beta\ \gamma$ pelos valores achados (4), a equação (5) transforma-se numa identidade.

As equações peramétricas do raio reflectido final serão:

$$\begin{cases} x = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\ .\ \alpha = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\ . \\ \qquad \text{sen } 2\,\theta\ .\ \cos\delta \\ y = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\ .\ \beta = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\ . \\ \qquad \cos 2\,\theta\ .\ \cos\delta \\ z = \sqrt{x^2 + {}^2y + z^2}\ .\ \gamma = -\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\ . \\ \qquad \text{sen}\ \delta \end{cases} \qquad (6)$$

Se variarmos θ o raio reflectido final gera uma superfície cuja equação se pode escrever sob a forma:

$$z^2 = (x^2 + y^2)\ tg^2\ \delta \qquad (7)$$

que se deduz imediatamente do sistema (6).

A equação (7) representa uma superfície cónica de revolução em tôrno do eixo Oz, isto é o lugar geométrico dos raios reflectidos é uma superfície cónica de revolução em tôrno do eixo de rotação de normais, que se supõem perpendiculares a êsse eixo de rotação.

Supunhamos a escala horizontal, e o seu plano paralelo o xoz. A sua equação será $y = d$. O lugar geomético dos pontos de encontro dos raios reflectidos com a escala terá por equação:

$$z^2 = (x^2 + d^2)\ tg^2\ \delta$$

$$\frac{z^2}{(d\ .\ tg\ \delta)^2} - \frac{x^2}{d^2} = 1 \qquad (8)$$

que é a equação de 1 hipérbole (Fig. 2), cujas assintotas têm as seguintes equações:

$$z = \pm\ tg\ \delta\ .\ x \qquad (9)$$

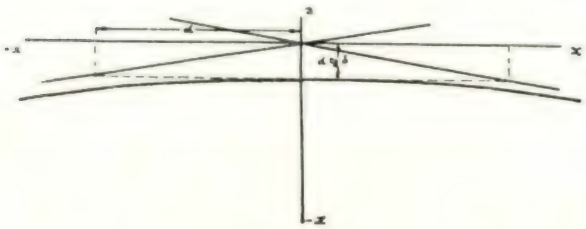


Fig. 2

Dividindo as 2 primeiras equações do sistema (6) vem:

$$\frac{x}{y} = tg\ 2\,\theta$$

$$\theta = \frac{1}{2}\ arc\ tg\ \frac{x}{y}$$

como $y = d$ vem:

$$\theta = \frac{1}{2}\ arc\ tg\ \frac{x}{d}$$

No caso da escala ser horizontal e o seu plano apenas paralelo a oz, o lugar geométrico dos pontos de encontro dos raios reflectidos com a escala será ainda uma hipérbole.

Supunhamos que neste caso o óculo faz com a escala em ângulo ψ. Mudemos os eixos ox e oy para oX e oY de modo a que a escala fique paralela a $X\,oz$.

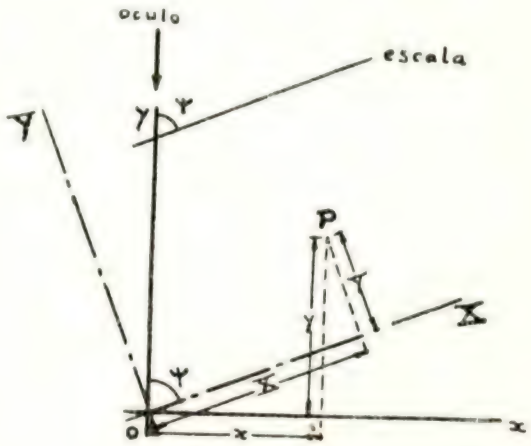


Fig. 3

$$\begin{cases} x = X\ \text{sen}\ \psi - Y\ \cos\psi \\ y = X\ \cos\psi + Y\ \text{sen}\ \psi \end{cases}$$

$$x = y\ .\ tg\ 2\,\theta$$

$$X\ \text{sen}\ \psi - Y\ \cos\psi = (X\ \cos\psi + Y\ \text{sen}\ \psi)\ .\ tg\ 2\,\theta$$

$$X\ (\text{sen}\ \psi - \cos\psi\ .\ tg\ 2\,\theta) = Y\ (\cos\psi\ .\ \text{sen}\ \psi + \text{sen}\ \psi\ .\ tg\ 2\,\theta)$$

$$X = \frac{\cos\psi + \text{sen}\ \psi\ .\ tg\ 2\,\theta}{\text{sen}\ \psi - \cos\psi\ .\ tg\ 2\,\theta}\ Y$$

Para $X = 0$ deverá ser:

$$\cos\psi + \text{sen}\ \psi\ .\ tg\ 2\,\theta' = 0$$

$$\text{cotg}\ \psi = -\ tg\ 2\,\theta'$$

consideremos os ângulos $\theta' + \theta$ e $\theta' - \theta$:

$$\begin{cases} \dfrac{X'}{Y} = \dfrac{\cos\psi + \operatorname{sen}\psi \,.\, tg\, 2\,(\theta' + \theta)}{\operatorname{sen}\psi - \cos\psi \,.\, tg\, 2\,(\theta' + \theta)} = \\ \quad = \dfrac{\operatorname{cotg}\psi + tg\, 2\,(\theta' + \theta)}{1 - \operatorname{cotg}\psi \,.\, tg\, 2\,(\theta' + \theta)} \\ \dfrac{X''}{Y} = \dfrac{\cos\psi + \operatorname{sen}\psi \,.\, tg\, 2\,(\theta' - \theta)}{\operatorname{sen}\psi - \cos\psi \,.\, tg\, 2\,(\theta' - \theta)} = \\ \quad = \dfrac{\operatorname{cotg}\psi + tg\, 2\,(\theta' - \theta)}{1 - \operatorname{cotg}\psi \,.\, tg\, 2\,(\theta' - \theta)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{X'}{Y} = \dfrac{-tg\, 2\,\theta' + tg\, 2\,(\theta' + \theta)}{1 + tg\, 2\,\theta' \,.\, tg\, 2\,(\theta' + \theta)} = \\ \quad = tg\,[2\,(\theta' + \theta) - 2\,\theta'] = tg\, 2\,\theta \\ \dfrac{X''}{Y} = \dfrac{-tg\, 2\,\theta' + tg\, 2\,(\theta' - \theta)}{1 + tg\, 2\,\theta' \,.\, tg\, 2\,(\theta' - \theta)} = \\ \quad = tg\,[2\,(\theta' - \theta) - 2\,\theta'] = tg\,(-2\,\theta) = -tg\, 2\,\theta \end{cases}$$

Portanto $X' = -X''$

e $$\theta = \frac{1}{2} \operatorname{arc}\, tg\, \frac{X}{Y} \qquad (10)$$

Conclusão — Quando a leitura média fôr a média das leituras à esquerda e à direita

será $\theta = \dfrac{1}{2} \operatorname{arc}\, tg\, \dfrac{n}{d}$ em que:

n — diferença entre a leitura média e as leituras à esquerda ou à direita.

d — distância do espelho à leitura média.

Nota — a escala deverá estar horizontal.

CALDEIRAS DE ALTA PRESSÃO

POR H. VILA NOVA DO VALLE
(Do Curso de Engenharia Mecânica)

O problema do emprêgo das altas pressões nas caldeiras, que data de há pouco, está hoje a ser estudado e desenvolvido com afinco, pois veio trazer a resolução de questões de grande importância como seja o aumento do rendimento dos geradores de vapor. A par destas vantagens apresentou graves dificuldades na sua aplicação prática.

As experiências de Stodola tiveram como resultado mostrar que, apenas com o aumento de pressão além de certo limite, se poderia obter uma mesma produção de vapor com um dispêndio de energia térmica igual ao necessário para realizar a mesma produção a baixas pressões.

Êste experimentador resumiu os seus estudos num gráfico — fig. 1 — que nos mostra claramente o que se disse, gráfico êste que não foi bem aceite de principio por ser fundado em experiências, extrapolações matemáticas e fórmulas empíricas.

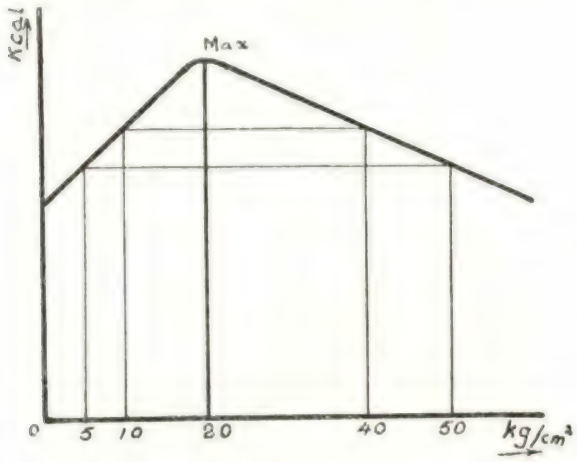


Fig. 1

Veio depois a ser verificado na prática, embora com algumas pequenas diferenças.

Além de Stodola outros se empenharam nos mesmos estudos obtendo resultados ligeiramente diferentes, mas todos êles são concordantes no máximo de dispêndio de energia térmica para a vaporização da água a uma pressão vizinha dos 20 kg/cm².

Era pois de aconselhar a utilização de pressões além dêste máximo, visto poder-se assim conseguir um maior rendimento, pois o gasto de energia térmica não aumenta, dando-se o contrário com o trabalho útil produzido que cresce, não só devido a mais largo campo de expansão de vapor, como também a maiores pressões iniciais.

Por outro lado, como foi dito atrás, inconvenientes se apresentam, sendo os principais a dificuldade de obter óleos lubrificantes que resistam às temperaturas correspondentes às altas pressões, materiais capazes de conservar a sua resistência e elasticidade a essas temperaturas, a espessura elevada que nos obriga a dar aos corpos cilíndricos e ainda a deficiência da circulação de água nas caldeiras.

Resolvida a dificuldade dos óleos lubrificantes e do material a empregar nos corpos cilíndricos outra apareceu relativa à construção dêstes últimos.

Hoje são feitos em aço níquel com 3% e 5% de níquel de uma peça só ou soldados longitudinalmente com fundos cravados, conforme as pressões e o cálculo usado.

Estes corpos cilíndricos podem ser calculados de dois modos diferentes, entrando ou não em conta com o abaixamento do coeficiente de resistência do material com a temperatura.

No caso de se entrar com o abaixamento do coeficiente de resistência, quando a pressão é de 30 a 40 kg/cm², fazem-se de uma só peça em chapa de aço níquel a 3% com fundos cravados; para pressões de 50 a 100 kg/cm² são forjados numa peça única de aço níquel a 5%.

Não se entrando em conta com o abaixamento daquele coeficiente são em aço níquel

a 3%, cravados ou soldados longitudinalmente, de fundos cravados para pressões de 30 a 40 kg/cm²; em aço níquel a 5% cravados ou soldados longitudinalmente com fundos soldados para pressões de 40 a 50 kg/cm² e ainda em aço níquel a 5%, mas numa peça única, quando a pressão vai de 50 a 56 kg/cm².

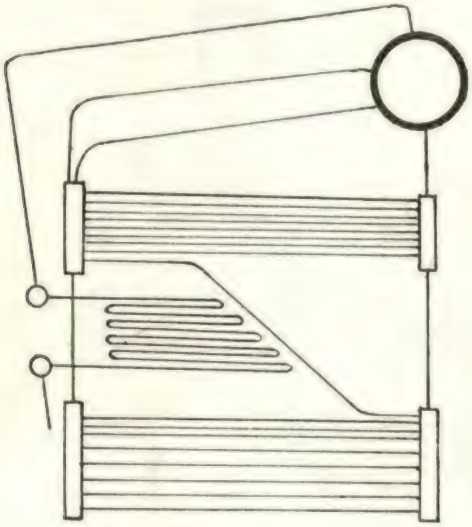


Fig. 2

Quanto à circulação da água, para a assegurar usam-se principalmente os tipos de caldeira Babcock com tubos de pequena inclina-

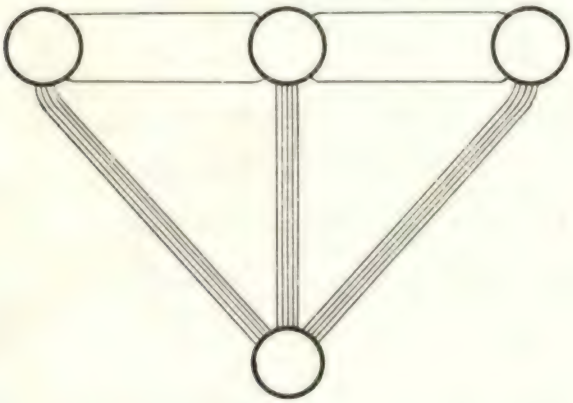


Fig. 3

ção, Stirling com quatro corpos cilíndricos e três feixes tubulares e ainda caldeiras de tubos verticais com câmara de resfriamento ligada à circulação de água. Em esquema temos respectivamente as figs. 2, 3 e 4.

Modernamente apareceram principalmente dois tipos de caldeira que têm provado bem e que permitem um aumento de velocidade de

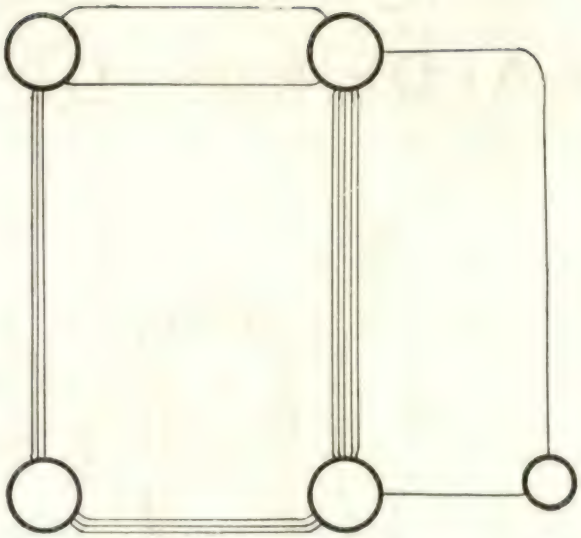


Fig. 4

circulação tanto dos gases da combustão como da água e vapor na caldeira de modo a obter uma elasticidade maior do gerador de vapor. São elas as caldeiras «Löffler» e «Velox».

Chama-se elasticidade duma caldeira à possibilidade que ela tem de mudança de condições na combustão permitindo uma fácil adaptação às variações de consumo.

Esta elasticidade é obtida nas referidas caldeiras principalmente à custa da possibilidade de aumento da quantidade de combustível por serem a carvão pulverizado ou a óleos e ainda por terem uma pequena quantidade de água de circulação.

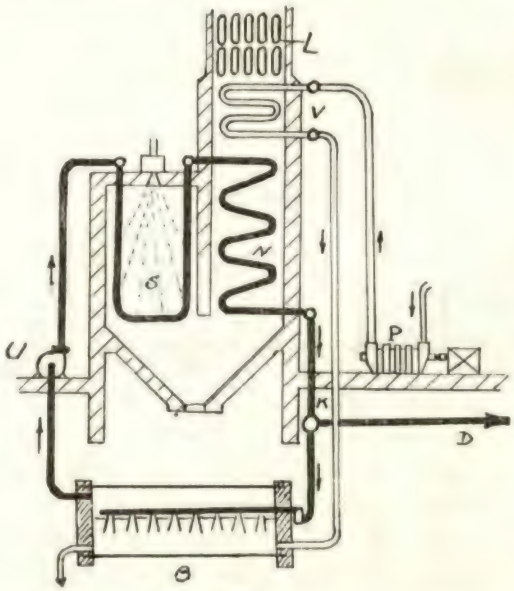


Fig. 5

A caldeira «Löffler», como se vê no esquema representado na fig. 5, é constituída por um grande reservatório (B) de água fora do contacto dos gases e no subsolo; êste depósito é cilíndrico e dentro dêle entra um tubo com

O economizador é alimentado por meio de uma bomba (P) que lança a água através dêle até ao reservatório (B).

Nesta caldeira mantém-se a velocidade dos gases variando apenas a velocidade de circula-

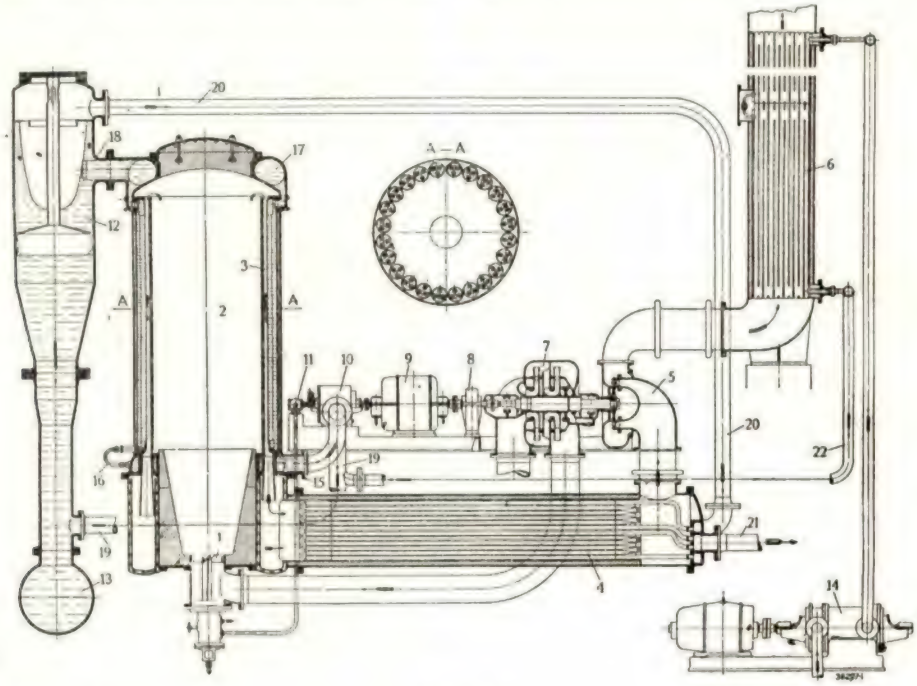


Fig. 6

1 — queimador
2 — câmara de combustão
3 — tubular de aquecimento
4 — sobreaquecedor
5 — turbina a gás
6 — economizador
7 — compressor
8 — comandos (engrenagens)
9 — motor e motor de arranque
10 — bomba rotativa (circulação)
11 — bomba do combustível
12 — separador de vapor
13 — reservatório de água
14 — bomba de alimentação
15 — entrada da água de circulação
16 — conduta de ligação entre a câmara de água inferior e o vaporizador
17 — câmara de água superior com saídas de água a vapor
18 — entrada tangencial do separador de água
19 — saída da água de circulação do separador
20 — conduta do vapor do separador para o sobreaquecedor
21 — conduta de vapor para a turbina
22 — conduta de água do economizador para a bomba rotativa

duses, por onde sai o vapor que vem aquecer a água e vaporizá-la, sendo em seguida aspirado por uma bomba (U) que o lança para um primeiro sobreaquecedor (S), sujeito à acção directa das chamas e daí para um segundo sobreaquecedor (N) no caminho dos gases, ligado por uma conduta, que se bifurca para as turbinas e para o reservatório B.

Os gases depois de atravessar o segundo sobreaquecedor encontram o economizador (V) e o aquecedor de ar (L).

ção da água e seu vapor, obtendo-se uma elasticidade relativamente grande.

Bastante diferente desta é a caldeira «Velox», cujo esquema nos mostra a fig. 6, que é inteiramente metálica.

Consta de dois corpos cilíndricos adjacentes, um dos quais é coberto interiormente por uma fiada de tubos contendo cada um três tubos de menor diâmetro percorridos pelos produtos da combustão, no sentido descendente, vindos da câmara

A água percorre os intervalos compreendidos entre os tubos maiores e os de circulação de gases.

A caldeira trabalha a óleo e o ar de combustão é enviado por um ventilador sob pressão.

A velocidade dos gases atinge valores da ordem dos 200 m/seg. velocidades cêrca de vinte vezes superiores às normais nas caldeiras usuais.

Estes gases percorrem depois um tubular horizontal — o sobreaquecedor — e, como a sua velocidade é elevada à saída, são obrigados a atravessar uma turbina de gás ligada a um motor eléctrico e às bombas de circulação de água e óleo.

Da turbina passam ao economizador e daí à atmosfera.

A água circula comandada por uma bomba vertical que a envia para um colector donde partem tubos largos. Na parte superior dêstes solta-se uma mistura de água e vapor que é lançada tangencialmente no separador, sendo projectada a água contra as paredes e arrastada, libertando-se o vapor que passa ao sobreaquecedor e daí segue para as aplicações.

A água separada desce, volta à bomba e entra no sobreaquecedor.

Fazendo um estudo comparativo entre as caldeiras «Velox» e «Löffler» e as usuais conclui-se: ao passo que em caldeiras vulgares a

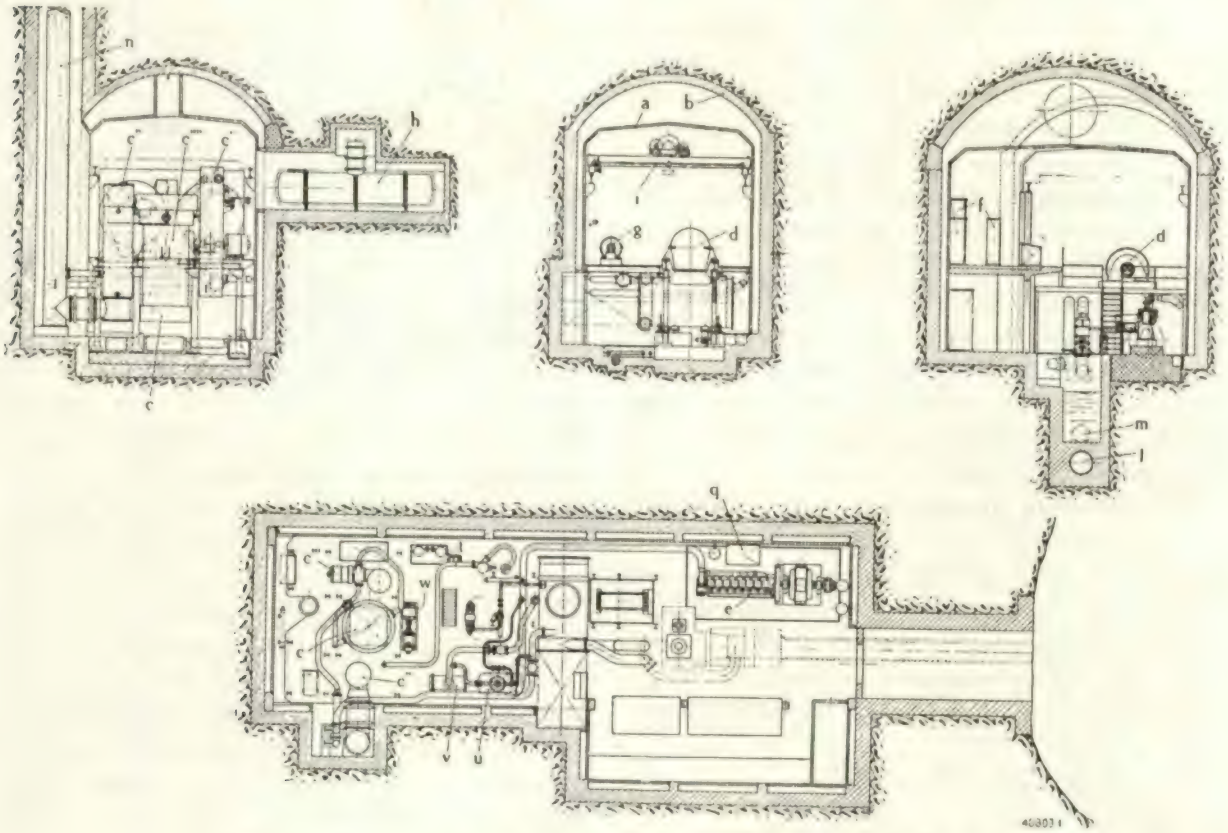


Fig. 7 — Instalação duma central «Velox» numa galeria subterrânea

a — Revestimento metálico
b — Revestimento da galeria
c — Gerador de vapor «Velox» com separador de água c', aquecedor de água de alimentação a gás de escape c'', bomba de circulação c''' e o grupo de carga c''''
d — Turbo-grupo com alternador e instalação de condensador
e — Grupo Diesel de arranque
f — Quadro de distribuïção
g — Grupo Leonard do Gerador «Velox»
h — Reservatório de alimentação
i — Ponte rolante
I — Conduta de água de arrefecimento
m — Conduta da vasão ou de fogo
n — Conduta de escape
t — Aquecedor de combustível e filtro
u — Evaporador
v — Aquecedor de água condensada
w — Bomba de alimentação

produção anda por 40 a 50 kg por m^2 de superfície de aquecimento e por hora, com aqueles tipos de caldeira obtém-se respectivamente 500 e 150 kg/m^2.h, o que reduz a superfície de aquecimento a 1/10 para as primeiras e 1/3 para as segundas, vantagem enorme que foi obtida simplesmente por se ter aumentado a velocidade de circulação de água nas «Löffler» e as velocidades de circulação da água e dos gases na «Velox».

Não ficam por aqui as vantagens destas caldeiras e assim nas «Velox» a combustão sob pressão aumenta naturalmente as possibilidades de contacto entre as moléculas de combustível e as de ar o que dá origem a que o número de grandes calorias desenvolvidas por metro cúbico de câmara de combustão e por hora atinja valores da ordem dos 7.000.000 a 8.000.000, valores que em caldeiras usuais giram à volta dos 100.000 aos 700.000 kcal/m^3 h.

A combustão sob pressão apresenta ainda a enorme vantagem de dispensar chaminé.

Êste tipo de caldeira é de pequenas dimensões e fàcilmente posta em pressão num diminuto espaço de tempo — 10 a 12 minutos — e são de grande segurança por a quantidade de água em circulação ser pequena. Dispensa o uso de refractário e dá grandes rendimentos (90 %) visto as perdas no acendimento e paragens serem mínimas.

As vantagens mencionadas permitem que se façam instalações destas caldeiras com o fim não só de satisfazerem a tôdas as mudanças de regimen, como também por servirem de instalações de reserva e para instalações subterrâneas que actualmente se prevêm em tôdas as grandes cidades para o caso de bombardeamentos aéreos.

O esquema duma destas instalações está representado na fig. 7.

O estudo e emprêgo da alta pressão generalizou-se também às caldeiras de locomotivas. Estas continuam a apresentar-se como um grande elemento ferroviário, principalmente para os grandes combóios de mercadorias.

A aplicação da alta pressão a locomotivas foi especialmente estudada pela casa Henschel

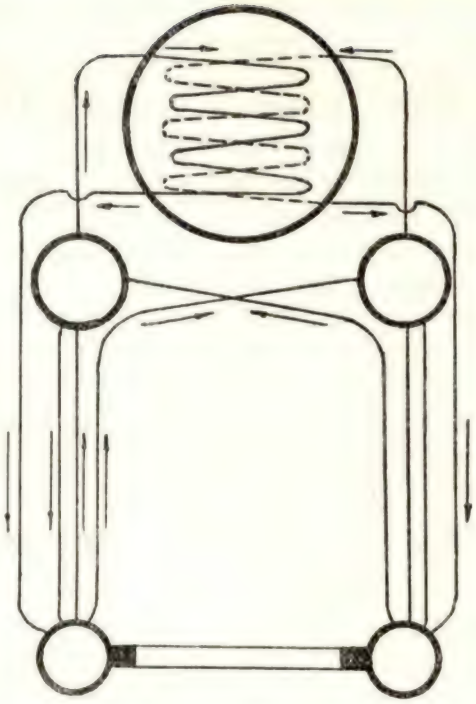


Fig. 8

segundo o esquema representado na fig. 8 e do qual estão providas as locomotivas «de pressão sobre-elevada».

Aquelas locomotivas possuem dois regimens de pressão: o da baixa e o da alta pressão.

O vapor da baixa pressão é obtido em caldeiras vulgares de fumo e o da alta pressão num reservatório de alta pressão no qual está a água de alimentação, que é vaporizada pelo calor cedido por uma serpentina ligada aos tubos que forram as paredes da fornalha. Estes tubos constituem um circuito de vapor úmido que serve de condutor de calor. O vapor assim obtido percorre as serpentinas, transmitindo o excesso de calor nêle contido à água da caldeira de alta pressão.

Êste vapor volta novamente aos tubos da caixa de fogo.

A água empregada no circuito de aquecimento de alta pressão é destilada o que diminui as corrosões internas dos tubos.

Do exposto se pode prever como será grande o futuro das caldeiras de alta pressão.

Exemplo N.º 1 para Caderno de Encargos

PINTURAS EM MADEIRA NOVA, EXTERIORES

(1) Tôdas as madeiras serão tratadas a Cuprinol.

Notas: — Se fôr possível especificar a aplicação por imersão por êste método garantir a impregnação dos aros, ombreiras, etc., que estão em contacto com a alvenaria. Se não fôr possível especificar assim deve-se exigir que as faces das madeiras em contacto com a alvenaria sejam também tratadas a «Cuprinol», porque se não se especificar assim, o empreiteiro colocará tôdas as peças e depois aplicará o «Cuprinol», ficando as partes mais susceptíveis de apodrecimento sem protecção.

(2) Todos os nós serão isolados com uma demão delgada de verniz de espírito depois de queimados a maçarico.

(3) O aparelho será a base de Carbonato de Chumbo puro sem sucedâneos. A parte líquida deve consistir em uma parte de óleo de linhaça cru e quatro de aguarrás. (Primário Robbialac n.º 34-65 para madeiras rijas ou tratadas a Cuprinol).

Nota — Os empreiteiros costumam fazer os seus aparelhos de óleo de linhaça, aguarrás e terras. A prática tem sobejamente demonstrado que muitas pinturas falhadas são derivadas do facto de se não ter usado o Carbonato de Chumbo na primeira demão. O método usual dos pintores é admissível nos interiores mas nunca nos exteriores.

Os engenheiros não devem confundir o Carbonato de Chumbo, com o que se chama «Alvaiade em Massa», que raras vezes contém qualquer vestígio de Carbonato de Chumbo e quando muito apenas uns escassos 5 % para se poder chamar «Alvaiade de Chumbo Puro». Êsses alvaiades não se devem usar para qualquer obra de responsabilidade, mesmo interior. No entanto tem o seu papel em obras interiores onde a economia é mais importante do que a perfeição. Em exteriores são absolutamente inadmissíveis.

Se o caderno de encargos exigir Carbonato de Chumbo, o empreiteiro poderá ainda recorrer a um sofisma, introduzindo uma grande percentagem de barita com grande lucro para êle e prejuízo para a duração da obra. É difí-

Em 1935. A pintura a «Sylure» da caixilharia que tem estado exposto às intempéries durante 5 anos ainda estão em óptimo estado.

cil ao engenheiro descobrir êsse sofisma, visto o pêso específico da barita ser muito aproximado ao do Carbonato de Chumbo. Há no entanto duas maneiras de controlar.

a) Tirar amostra e mandar analizar no laboratório de Ensaios do Ministério das Obras Públicas.

b) Especificar no caderno de encargos o emprêgo de aparelhos fabricados por uma firma de reconhecida competência técnica e fornecido em latas de origem, intactas.

Importante — É bom notar que o aparelho recomendado acima é próprio apenas para madeiras rijas ou tratadas a «Cuprinol». Para madeiras não tratadas a «Cuprinol» as proporções de aguarrás e óleo devem ser invertidas (Primário Robbialac para madeiras N.º 34-66).

(4) As madeiras serão betumadas com massa rija feita de Carbonato de Chumbo e secante a cola d'ouro (Gold Size Robbialac N.º 40-5) e em seguida barradas com massa de verniz (N.º 34-71 betume "V" Robbialac) e depois de bem rijo cuidadosamente lixado.

Nota — Há dois processos para o nivelamento da madeira. (1) «Betumar» que consiste em encher as covas dos pregos, rachas, etc., e (2) «Barrar» com o qual o pintor consegue nivelar os altos e baixos das madeiras, endireitar e aperfeiçoar arestas, etc. O empreiteiro quási sempre usa a massa de óleo para betumar e barrar, o que é muito contraproducente visto levar muito tempo a enrijar devidamente e mesmo enrijando não fica com aquela consistência que tem a massa a verniz. Nunca se deve deixar o empreiteiro aplicar a demão de subcapa sem que o engenheiro verifique que as massas estão bem rijas isto é quando a unha não entra na massa.

As massas devem ser lixadas com lixa grossa para começar, mas para acabar, com lixa bastante fina. Depois de lixadas as superfícies que vão receber a subcapa devem ser cuidadosamente limpas com um trapo umedecido em aguarrás. A maior parte das vezes o pintor usa uma pequena vassoura, o que levanta o pó da lixa para o ar, para depositar novamente na superfície que se vai pintar ou sôbre outras ainda pintadas de fresco. Quando o engenheiro se queixa que a superfície está sarabulhenta e de um aspecto feio, o pintor responde que «é da tinta, que é mesmo assim!». Não é apenas na lixagem das massas mas sim também na lixagem das subcapas.

(5) Será aplicada uma demão de subcapa nas côres apropriadas aos tons do acabamento. A demão depois de sêca deve fazer obturação perfeita das demãos anteriores e não deve mostrar vestígios da brocha. A subcapa deve ficar com uma superfície bem lisa e rija (Subcapas Robbialac para exterior e depois cuidadosamente lixada e aperfeiçoada com lixa fina. As subcapas com alvaiade de Lithopones são inadmissíveis.

Nota — As subcapas para exteriores nunca devem ser feitas com alvaiade à base de Lithopones, porque é uma das causas principais do gretado. Apenas o Carbonato de Chumbo, óxido de zinco ou bióxido de Titânio são admissíveis. Os engenheiros não devem consentir que o empreiteiro faça a subcapa, porque não oferece qualquer garantia uma tinta feita nessas condições. Além de não ter qualquer fórmula assente em bases tècnicamente estudadas nunca é moida mas sim apenas misturada, o que implica a falta de liga íntima entre o líquido e o pigmento. Raras vezes o empreiteiro se dá ao incómodo e à despesa de introduzir verniz na subcapa feita por êle, no entanto é muito essencial se temos em conta que, tendo a demão de acabamento elasticidade, a sua cama deve também ser elástica, caso contrário muito cedo aparecerá gretado.

A única garantia que o engenheiro pode ter é especificando subcapas fabricadas por uma firma de reputação e especializada e levadas para a obra em latas de origem.

(6) Será aplicada uma demão de esmalte na côr n.º ... nos caixilhos e n.º ... nos aros, da marca "Denswite" (Robbialac).

Nota Denswite é um esmalte muito económico e que tem provado muito bem no nosso clima nos exteriores devido à sua grande elasticidade. (Vide por exemplo: Liceu D. Filipa de Lencastre). Denswite custa a metade dos esmaltes sintéticos, não ficando a sua duração muito inferior.

Denswite é apenas fornecido em branco, no entanto os engenheiros podem indicar as côres desejadas no catálogo Robbialac Sylure (contanto que sejam côres claras), porque êste esmalte pode ser fácilmente colorido com os corantes concentrados «Tintalac» (Robbialac).

(7) Alternativa. Será aplicada uma demão de esmalte sintético na côr n.º ... na caixilharia e n.º ... nos aros, da marca Robbialac Sylure.

Nota — Sylure é o esmalte que mais duração tem provado ter (vide por exemplo a caixilharia do Instituto Superior Técnico pintado em 1935 e muitos mais edifícios públicos).

Sociedade Robbialac, Limitada

Rua Nova do Carvalho, 15, 1.º — LISBOA — Telefone 27000

DEPOSITARIO NO PORTO

DROGARIA TIAGO DA COSTA

Rua de S. João, 33 — PORTO

DO MUNDO TÉCNICO

A Primeira Transmissão de Energia por Corrente Contínua, a 50.000 V, com o emprêgo de Convertidores

Da REVUE BROWN BOVERI
de Abril-Maio de 1939

Êste artigo trata o problema da transmissão de energia por corrente contínua, e mostra que esta transmissão é a mais económica para as grandes potências e as grandes distâncias.

O ensaio de transmissão por meio de convertidores realizado na Exposição Nacional, prova que uma transmissão por corrente contínua a tensão constante, elevada, é possível com os meios de que se dispõe actualmente.

O acréscimo das potências e das tensões de serviço, provocado pelo aumento do consumo de energia e as distâncias sempre crescentes entre a fonte de produção e os centros de consumo, conduz, mesmo para transmissões por corrente trifásica, cuja técnica está adiantada, as dificuldades derivadas dos fenómenos de indução e de capacidade. A tensão contínua, muito elevada, oferece, pelo contrário, a possibilidade de utilizar numerosas vantagens técnicas e económicas, que facilitam o transporte de energia a grande distância. Em primeiro lugar, o emprêgo da corrente contínua, suprime as quedas de tensão devidas à reactância, e que são para as tensões de serviço elevadas, várias vezes, as devidas à resistência. Por outro lado, as linhas de transmissão, por corrente contínua a grande distância, não transportam nenhuma corrente reactiva. Pelo contrário, a manutenção da estabilidade das transmissões a grande distância, por corrente trifásica, necessita da montagem de compensadores, desde que a linha atinja um certo comprimento. Esta necessidade desaparece naturalmente para as transmissões por corrente contínua, o que as torna mais económicas.

O tipo de construção da linha, tem influência sôbre a potência que ela pode transportar. Das numerosas disposições para a corrente contínua, o sistema a 3 fios com fio de equilíbrio à terra, ou com a terra servindo de fio de equilíbrio, foi o que se revelou mais favorável. A tensão máxima da transmissão é fixada pela tensão admissível entre os condutores extremos e a terra. Para a transmissão por corrente contínua, pode-se admitir uma tensão de serviço entre os condutores e o fio de equilíbrio igual a $\sqrt{2}$ vezes a tensão de serviço puma transmissão por corrente trifásica, admitindo nos dois casos, a mesma fadiga para os isolamentos das linhas. Por outro lado, numa instalação trifásica, cujo neutro está isolado, os isolamentos devem suportar uma fadiga igual a $\sqrt{3}$ vezes a do serviço normal, quando um dos fios é ligado acidentalmente à terra. A exploração, com rendimento elevado, das linhas de transmissão a grande distância, conduz à adopção de tensões muito elevadas, limitadas sempre pelos 400 kv, por cauaa do efeito de coroa. O efeito de coroa e o efeito pelicular, tornam necessário, para as correntes trifásicas, o emprêgo de cabos ôcos, caros, enquanto que para a corrente contínua, um condutor cheio da mesma secção é suficiente, visto estar a corrente uniformemente repartida.

Os quadros de A. Rachel (1), mostram que para um sistema a 3 fios de corrente contínua, a secção total dos condutores é de 0,5 a 0,3 vezes a necessária para a corrente trifásica, para uma dada potência transportada. O menor diâmetro dos condutores cheios, permite, dada a carga reduzida devida à neve, ao gêlo e ao vento, uma construção mais ligeira dos postes, donde uma grande economia nos encargos de montagem.

Os cálculos de convertidores efectuados pelo autor já citado, sôbre as linhas aéreas, conduzem a resultados, tanto mais favoráveis às transmissões por corrente contínua, quanto mais elevada é a potência transportada.

Perspectivas ainda mais favoráveis se abrem à transmissão por corrente contínua se se aplicarem as considerações precedentes às transmissões por cabos. A linha não tem que transmitir correntes de carga e de magnetização e a mesma instalação pode portanto transportar uma maior potência, que por corrente alternada. A ausência de corrente de carga deminui a fadiga do isolamento, o que permite reduzir a espessura dêste último. O arrefecimento do cabo é então melhorado e a sua carga pode assim ser aumentada.

O sistema a 3 fios compõe-se então sòmente de dois cabos de condutor único, cujo envólucro de chumbo serve de condutor neutro ligado à terra. A técnica dos cabos está actualmente tão desenvolvida, que ela permite a construção de cabos para corrente contínua, para uma tensão de 200 kV, tornando-se assim possível a transmissão de grandes potências. Os encargos de montagem destas instalações de transmissão, são pouco mais ou menos a metade ou um têrço dos que seriam precisos para o emprêgo de cabos para corrente alternada. Por outro lado, o emprêgo de tensões contínuas muito elevadas, assim como a utilização dos cabos que êle permite, aumenta a segurança do

(1) A. Rachel, Elektrizitätswirtschaft, 1935.

serviço e diminui consideràvelmente os encargos de exploração.

As transmissões por cabo, estão ao abrigo dos ataques aéreos, assegurando assim a alimentação em caso de guerra. As linhas não mais estão expostas às sobre-tensões atmosféricas e os exploradores constatarão então com prazer que a maior parte das perturbações no serviço foram suprimidas. Por outro lado, as dificuldades que representam a travessia dos cursos de água, lagos e braços de mar são evitadas pelo emprêgo de cabos, e o aumento de preço devido à montagem de postes particularmente altos e à utilização de condutores em cabos especiais, foi suprimido.

Por tôdas estas razões, a transmissão de energia de grandes potências a grande distância será, sem dúvida, no futuro, realizada por corrente contínua a tensão multo elevada.

A transmissão clássica, por corrente contínua a 50 kV projectada por Thury (1), construtor de génio, entre Moutiers e Lyon, e cuja tensão foi mais tarde elevada para 120 kV, transportava a energia produzida na central por geradoras de corrente contínua, até aos consumidores, a 450 km. Êste sistema que trabalhava a corrente constante e cuja potência era regulada elevando ou abaixando a tensão, por arranque ou paragem dum grupo, apresentava primeiro que tudo a desvantagem da constância das perdas nas linhas. A produção da energia por geradoras exige a regulação por corrente constante, a-fim-de que mesmo com cargas parciais, todos os grupos em serviço trabalhem com um rendimento elevado. A constituïção do grupo de reserva é assim simplificada. As instalações de ensaios com convertidores são também estabelecidas segundo o sistema de corrente constante, a-fim-de se poderem utilizar as experiências de Thury. A transmissão do futuro será provàvelmente, sendo dada a interligação sempre crescente das rêdes, estabelecida a tensão constante, e utilizar-se-ão para as instalações modernas, convertidores postos a ponto, entre tempos, para as estações emissoras e receptoras de T. S. F. Uma instalação de ensaio com convertidores foi assim estabelecida pela primeira vez segundo êste sistema, para 50.000 V, o que constitui um trabalho inédito de muito grande importância. A corrente alternada é transformada em corrente contínua na central e a transformação inversa é efectuada na extremidade da linha, para simplificar a distribuïção da energia. A regulação da tensão, para a repartição da carga, é efectuada por comutadores de degraus, sôbre os transformadores e comando das grelhas dos convertidores.

A corrente contínua, não serve, neste sistema, senão para o transporte de energia a grande distância, enquanto que para a produção e para a distribuïção, a corrente alternada é conservada, com tôdas as suas vantagens, entre outras, a de adaptar fàcilmente a tensão aos vários consumidores. A energia das centrais existentes, de corrente trifásica, pode ser transportada a grande distância, e nos centros de consumo, as instalações de distribuïção ficam as mesmas; não se perde, assim, o capital já aplicado.

Concluído que os convertidores de grelhas polarizadas — convertidores estáticos mais empregados para as transmissões de energia por corrente contínua a tensão muito elevada — permitem também a passagem da energia em sentido inverso, a troca de energia a grande distância entre dois produtores de corrente trifásica, assim como a ligação de rêdes, podem também ser realizadas. Esta ligação elástica, deixa a cada rêde, tôda a independência para a manutenção da freqüência.

A corrente contínua a muito alta tensão, permitirá a transmissão de muito grandes potências a grandes distâncias. Realizar-se-á uma economia notável na instalação da linha, mas é necessário em cada extremidade um posto convertidor que introduz perdas suplementares. A corrente contínua não permitindo transmitir uma potência reactiva, a que é exigida pela rêde alimentada, deve ser fornecida por máquinas síncronas que regulam ao mesmo tempo a freqüência.

Nas transmissões por corrente alternada, os postos de transformação que correspondem às estações de convertidores são em geral simples, no entanto para tensões muito elevadas, êles necessitam duma aparelhagem cara. Por outro lado é preciso notar que segundo os ensaios de R. Rüdenberg (1), é necessário montar, todos os 200 km. estações geradoras de potência reactiva a-fim-de assegurar a estabilidade. Estas estações elevam consideràvelmente os encargos de montagem duma instalação de transmissão por corrente alternada..

As vantagens da corrente contínua tornam-se preponderantes quando se empregam cabos e para as potências muito elevadas.

Dos convertidores são exigidas condições especiais, porque êles devem atingir as altas tensões contínuas necessárias, com um só aparelho ou com uma ligação série, e terem um rendimento elevado, assegurando ao mesmo tempo uma segurança de exploração perfeita. Os progressos efectuados pela técnica dos convertidores e a solução dos diversos problemas do seu comando permitem actualmente esperar com confiança esta interrogação do futuro. Os nossos ensaios mostram já, que é possível construír convertidores de alta tensão a 50.000 V, para uma corrente de 400 A, o que equivale a dispor de grupos de 20.000 kW. O que se obteve até agora, será ainda melhorado tendo por base novos ensaios. As posssibilidades de aperfeiçoamento repousam sôbre um novo aumento da tensão.

A Exposição Nacional Suíça oferece a ocasião de continuar os trabalhos preliminares já executados e de realizar em grande escala um ensaio prático de transmissão de energia, por corrente contínua, utilizando convertidores de tina metálica. Êste trabalho de pioneiros, que começámos há muito, foi muito ajudado pela

(1) Thury, Bull A. S. E., 1930.

(1) R. Rüdenberg, «Elektrische Hochleistungübertragung auf weite Entfernung».

direcção dos Serviços Eléctricos da Cidade de Zurich que pôs amàvelmente, à nossa disposição, a sua linha de transmissão. Esta sã colaboração facilitou os trabalhos de investigação da técnica suíça neste ensaio tão importante. Esta instalação de ensaio a 50 kV, lado contínuo, deve transmitir uma potência de 500 kW da central de Wettingen à Exposição Nacional, que dista cêrca de 30 km.

A transmissão por corrente contínua da Exposição Nacional foi realizada segundo o esquema da fig. 1. O grupo convertidor alternado-contínuo está ligado às barras gerais dos alternadores da central de Wettingen por um disjuntor e um seccionador. Êste grupo converte a corrente trifásica a 5 kV, em corrente contínua a 50 kV, para a transmissão a Zurich. O fio de terra da transmissão por corrente trifásica de 50 kV existente, isolado especialmente, serve de linha de transporte. Esta linha atravessa a cidade de Zurich por um cabo subterrâneo e finalmente chega à Exposição, por um trôço aéreo unipolar que foi preciso construír.

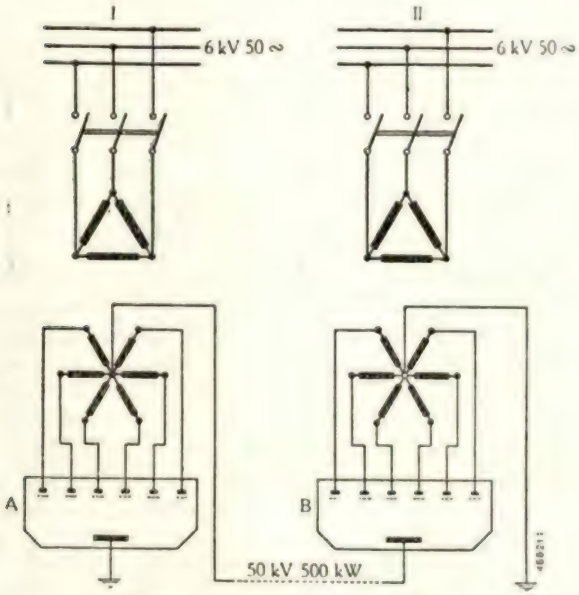


Fig. 1 — Esquema da transmissão de energia por corrente contínua. I — Central de Wettingen; II — Exposição Nacional; A — Convertidor alternado-contínuo; B — Convertidor contínuo-alternado

A corrente contínua a tensão elevada, será convertida numa sub-estação, na Exposição, por um grupo convertidor contínuo-alternado, em corrente alternada a 6.000 V e lançada na rêde dos Serviços Eléctricos da Cidade de Zurich. Êste grupo será então ligado, por um disjuntor pneumático extra-rápido, e um seccionador tripolar manobrado por ar comprimido, às barras a 6 kV da sub-estação. O retôrno é feito pela terra; para um dos grupos convertidores a tomada de terra é a da central, e para o outro, a da rêde dos combóios eléctricos.

Os 2 grupos convertidores são semelhantes na sua construção e apresentam àparte, os circuitos de comando, um dispositivo de ligação particularmente simples.

Eles compõem-se particularmente do convertidor e dos seus acessórios, do transformador principal e dum disjuntor do lado alternado que é equipado dum «relais» térmico directo, que protege o grupo contra as sobrecargas. Os vários interruptores de serviço e instrumentos de medida são montados sôbre um quadro ligado à terra, atrás do qual se encontra um painel isolado para os aparelhos de manobra do convertidor.

O grupo convertidor contínuo-alternado encontra-se ao meio da sub-estação da Exposição, e a sua boa disposição, facilita o serviço e permite observar com clareza todos os aparelhos, assim como as ligações.

Graças a investigações activas, o comando dos convertidores por grelhas, está completamente resolvido, e permitiu, a par duma regulação de tensão, realizar convertidores contínuos-alternados ou alternados-alternados. Os resultados obtidos, permitiram a entrada nas utilizações práticas.

Foram iniciadas investigações para o desenvolvimento, — baseando-se sôbre os últimos progressos —, das novas possibilidades de utilização de convertidores, entre as quais os primeiros dispositivos de ensaios de transmissão a distância por corrente contínua. Os grupos da fig. 3, destinados à Exposição Nacional, foram primeiro montados no local de ensaio para permitir completar os estudos requeridos por novas experiências.

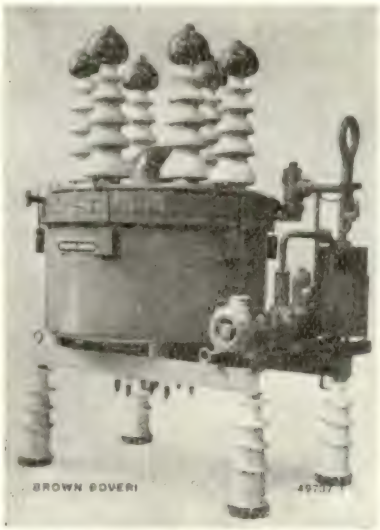


Fig. 2 — Convertidor de alta tensão a 50.000 V

O convertidor de alta tensão, a peça mais importante de tôda a instalação, sofreu uma transformação completa que a adapta às exigências mais apertadas, se bem que a nova construção se afaste bastante do tipo conhecido até agora, cuja tensão limite máxima de isolamento, era de 60.000 V. Para a alta tensão existente entre os anodos opostos, construímos entradas de anodos especiais.

Dispomos, para o projecto da válvula pròpriamente dita, das últimas descobertas do nosso laboratório de investigações, e das experiências adquiridas com a montagem de numerosos grupos de convertidores de

alta tensão, em várias estações de emissão. Um dos transformadores visíveis no segundo plano da fig. 2, foi construído especialmente para a nossa instalação de ensaios e êle permitirá prosseguir, por ensaios às mais altas tensões, o aperfeiçoamento dos convertidores a tensões muito elevadas. Actualmente construímos um convertidor para uma tensão de serviço de 60 kV. Estabelecemos com o convertidor estático resistente ao curto circuito, a base da realização da transmissão por corrente contínua, a alta tensão.

Numerosos esforços e uma grande tenacidade foram necessárias para vencer as decepções experimentadas antes de atingir finalmente esta tensão. Não paramos sôbre êste progresso real, mas prosseguiremos os nossos ensaios, a-fim-de elevar ainda a tensão dos convertidores. Novos problemas cuja solução apresentará dificuldades, deverão ser resolvidos para atingir êste fim.

Os aparelhos auxiliares dos convertidores estão a plena tensão contínua em relação à terra. É por isto que êles estão alimentados por um transformador de isolamento e montados sôbre um quadro isolado, que tem também a aparelhagem de comando das grelhas. Esta aparelhagem de comando produz, por pequenos transformadores de intensidade, as impulsões bruscas de tensão positiva em relação ao cátodo, necessárias ao comando das grelhas. Graças a um regulador de indução, o ponto de escorvamento pode ser decalado à vontade e a regulação do convertidor é assim atingida. As perturbações são imediatamente interrompidas pelo dispositivo de protecção experimentado há muito, com «relais» de grelha para a blocagem do convertidor.

A entrada em serviço dos grupos convertidores da transmissão por corrente contínua da Exposição Nacional é particularmente simples. É preciso primeiro ligar o disjuntor pneumático extra-rápido do convertidor contínuo-alternado da sub-estação, depois pôr sob tensão o convertidor alterno-contínuo, fechando o seu disjuntor. Finalmente, com a ajuda do comando das grelhas, eleva-se a tensão, até que a corrente atinja o valor desejado. Um dispositivo de comando a distância, permite também regular êste grupo convertidor do quadro da sub-estação, isto é, do próprio centro de consumo. Os curto-circuitos na linha, dado o seu pequeno comprimento, são cortados pelo convertidor da central, graças ao comando das grelhas que funciona instantâneamente. Um não funcionamento do aparelho das grelhas, faz disparar o «relais» de protecção que desliga o disjuntor do grupo.

As simplificações admitidas para o serviço desta instalação de ensaio, não são admissíveis para as transmissões a grande distância e a necessidade de ter disjuntores de corrente contínua impõe-se, para se poderem desligar do serviço os vários convertidores, independentemente uns dos outros, tanto em serviço normal como no caso de perturbações. As primeiras investigações já efectuadas sôbre êste ponto, interessando a transmissões futuras, deram resultados favoráveis. A introdução da válvula iónica como disjuntor de corrente contínua para as altas tensões, tornará possível a transmissão de energia dum grande centro de produção a vários centros de consumo afastados,

Fig. 3-Grupo de convertidores a 50 000 V no banco de ensaio

assim como o estabelecimento de derivações sôbre uma linha de transmissão a corrente contínua.

O estabelecimento desta instalação de ensaio permitir-nos-á, durante os seis meses em que estará em serviço, obter dados importantes e precisar as nossas ideias sôbre êste modo de transmissão. Aguardamos que os resultados favoráveis, esperados desta instalação incitarão os nossos clientes a pensarem na utilização duma transmissão de energia a grande distância por corrente contínua com o emprêgo de convertidores.

PAUL EGLOFF (J. C.)

N. da R. — *Há alguns anos, foi descoberto, que o aparelho, até aí designado por rectificador, servia também para transformar corrente contínua em alternada, graças à introdução das grelhas polarizadas. Daqui nasceu a necessidade de lhe pôr outro nome, visto aquêle ser impróprio, dada a sua nova aplicação; donde o aparecimento de vários termos, de difícil tradução na nossa língua, entre os quais o de ondulador. Mais tarde, quando os progressos da técnica mostraram, que êste mesmo aparelho, podia também transformar corrente trifásica em corrente monofásica, de freqüência diferente, apareceram ainda mais nomes para o designar, nesta sua nova aplicação, tais como: convertidor de freqüência, convertidor estático, modulador, etc.*

Procurou-se então uma designação que quisesse apenas referir-se ao aparelho e não às suas aplicações, chamando-se-lhe válvula, válvula iónica, etc.

Era preciso arranjar um nome, que desse ideia das aplicações do aparelho, sem estabelecer a confusão no espírito dos que não estivessem enfronhados na matéria.

O convertidor de grelhas polarizadas permite realizar as conversões de correntes, as mais diversas. Como se trata do mesmo aparelho, não fazia sentido que êle tivesse um nome que variasse segundo a sua aplicação. Estava indicado que se lhe procurasse um nome e um só.

Neste sentido, a Brown Boveri, na sua revista de Dezembro de 1934, tomou a iniciativa de propor a palavra «mutateur» (do latim «mutare» que significa mudar) para designar o convertidor de grelhas polarizadas, palavra a que não corresponde ainda, nenhuma designação oficial no nosso país.

Damos-lhe aqui a tradução de convertidor.

O carvão francês

A actividade das hulheiras francesas tem sido notável desde o começo da guerra. Todos compreenderam que a produção mineira é essencial à vida da nação, mais ainda neste momento do que em tempo de paz. Os números que indicam a sua situação são bem eloqüentes: a produção foi, em 1938, de 47 milhões e meio de toneladas; nesse momento, o pessoal era de 248 mil operários. Em Outubro de 1939 foi de 4.200.000, isto é, a mesma proporcionalmente, a-pesar-da paragem de certas hulheiras da Lorena, e do número de operários ter descido para 207.000 em conseqüência da mobilização.

Verifica-se pois, em primeiro lugar, que o déficit que a guerra deveria ter provocado, evitou-se graças a uma duplicação de esfôrço que se traduziu num aumento de horas de trabalho, que foram elevadas para 52 e meia por semana.

Note-se aliás que o primeiro semestre de 1939 foi favorável às hulheiras francesas, cuja produção passou de 23 milhões e 600 toneladas (primeiro semestre de 1938) para 26.013.883 toneladas. Para se conseguir o rendimento necessário para as necessidades actuais, será necessário contratar mais de 30.000 operários para se atingir uma extracção de 70 milhões de toneladas anuais. Em 1937, tinha sido preciso importar mais oito milhões de toneladas e desembolsar 2.650 milhões; na base dos últimos meses de 1937, as compras de carvão ao estranjeiro levariam a uma saída de ouro próxima de 6 biliões por ano; compreende-se pois que se tenha desejado intensificar o ritmo do trabalho.

A França importou em 1938 o equivalente de 22.719 toneladas de hulha, em vez de 30.890.000 toneladas em 1937. Sabe-se aliás que o consumo de combustíveis minerais tinha diminuído em 1938 e em 1937, não só por terem sido menores as necessidades da grande metalurgia, mas também por os caminhos de ferro gastarem uma quantidade crescente de energia hidroeléctrica. Contudo, o relatório da Comissão das Hulheiras, indicava a quási certeza dum consumo crescente de carvão, correspondente a um aumento de actividade nìtidamente previsível em certos ramos da indústria francesa.

A indústria hulheira realiza pois um esfôrço constante, em França ou, melhor ainda, um esfôrço crescente. É sabido que, pelo que respeita à hulha, a França não está bem dotada como alguns dos seus vizinhos. As suas reservas são aproximadamente de 18 biliões de toneladas, metade das quais de difícil exploração. Mas há duas bacias verdadeiramente ricas e dum futuro bastante longo: a do Norte e do Pas de Calais e a da Lorena. É preciso mencionar também os jazigos normandos-lioneses; e não se deve esquecer finalmente a riqueza carbonífera da Indochina e de Madagascar. Está pois previsto que a França deixará de ser, cedo ou tarde, tributária do estranjeiro, pelo que diz respeito ao carvão, devemos lembrar-nos, em especial, da extrema abundância dos seus recursos hidroeléctricos.

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Publicações não periódicas

PORTUGAL

The greatest cork-producing Country in the World — Junto Nacional da Cortiça.

Die Selbstersegung von Asynchrongeneratoren — Por Ferrer Moncada, Eng. Electrotécnico e Doutor-Engenheiro.

Estudos sôbre o gerador assíncrono auto-excitado — Por Carlos F. Moncada, Engenheiro Electrotécnico e Doutor-Engenheiro.

Acabar o curso... mas depois? — (Aspectos técnicos da valorização profissional) — Conferência realizada pelo Professor Dr. Joaquim Fiadeiro.

Construções Económicas — Pelo Visconde Almeida Garrett, Eng. Civil (U. P.).

E. U. A.

Harvard University

Beam Tubes as Ultra-High Frequency Generations — By Ronold King.

The Application of Low-Frequency Circuit Analysis to the Problem of Distributed Coupling in Ultra-High — Frequency Circuit — By Ronold King.

Publicações periódicas

PORTUGAL

A ARQUITECTURA PORTUGUESA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Nov. de 1939.

ANAIS DO CLUB MILITAR NAVAL — Set. a Dez. de 1939.

BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Jan. de 1940.

BROTÉRIA — Jan. de 1940 — Fasc. I, vol. XXX.

CLÍNICA, HIGIENE E HIDROLOGIA — Dezembro de 1939, N.° 12.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — Dez. de 1939, N.° 1248. — Jan. de 1940, N.os 1249 e 1250.

GIL VICENTE — Set. e Out. de 1939 — XV Vol., N.° 9 e 10.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Dez. de 1939.
JUNTA NACIONAL DA CORTIÇA — Dez. de 1939.
NEPTUNO — Set. e Out. de 1939.
O INSTITUTO — Vol. 94.°, N.° 5 de 1939.
OCIDENTE — Jan. de 1940.
RÁDIO-MOÇAMBIQUE — Nov. de 1939.
REVISTA DOS CENTENÁRIOS — Dez. de 1939.
REVISTA OFICIAL DO SINDICATO NACIONAL DOS ARQUITECTOS — Out. e Dez. de 1939.
SEARA NOVA — N.os 646, 647, 648 e 649 de 1940.

ALEMANHA

REVISTA SIEMENS — Ano XIX — 1940, N.° 1.

BÉLGICA

BULLETIN DE L'ASSOCIATION INTERNATIONAL DU CONGRÈS DES CHEMINS DE FER — Janeiro de 1940.
L'OSSATURE MÉTALLIQUE — Jan. de 1939.
REVUE DES ELÈVES DES ECOLES SPECIALES DE L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN — IV trimestre de 1939.

BRASIL

BOLETIM DO INSTITUTO DE ENGENHARIA — Set. de 1939.
BOLETIM DA REPARTIÇÃO DE ESGOTOS DE S. PAULO — Dez. de 1939.
REVISTA MUNICIPAL DE ENGENHARIA — Set. de 1939.

FRANÇA

LA TÉCHNIQUE SANITAIRE ET MUNICIPALE — Nov. e Dez. de 1939.

HUNGRIA

TECHNIKA — Jan. de 1940.

INGLATERRA

BRITAIN TO-DAY — Dez. de 1939.

ITALIA

L'ELECTROTECNICA — Dez. de 1939, N.os 23 e 24.
L'INGEGNERE — Dez. de 1939.
RADIO E TELEVIZIONÉ — Nov. de 1939.

SUÍÇA

SÉCHERON — REVUE DE SOUDURE ELÉTRIQUE — Dez. de 1939.

A estação invernosa traz-nos a gripe...

Cada ano, em momentos diversos e com diferenças de intensidade, a gripe sobrevém, às vezes ao princípio, outras vezes lá para o fim do inverno. As condições atmosféricas desempenham em tal caso um papel primacial. Principalmente, os períodos de nevoeiro e de nuvens. Logo que uma epidemia pequena aparece, vêem-se em todos os doentes sobrevir os mesmos fenómenos a que geralmente se junta um leve aumento de temperatura. *As conseqüências dependem numa grande parte da resistência daquele que foi atacado.* Em caso de gripe, de resto, procede-se bem contando-se com o pior. É uma moléstia ruim e deve-se tentar tudo para impedir o seu aparecimento e difusão. O melhor é ficar-se a uma distância conveniente daqueles que sofrem de gripe e pedir-lhes, quando tossem, para cobrirem a bôca com um lenço. Efectivamente ao tossirem, rindo ou falando com animação, espalham os bacilos da gripe. Quando a gripe ceifa o conjunto da população, fala-se com razão de epidemia. Vêem-se então, sem excepção, todos os que vivem em quartéis, conventos ou escolas infectarem-se.

O uso da quinina como medicamento preventivo impede isso tudo. Segundo o conjunto das observações feitas, uma quantidade diária de 20 até 30 centigramas de quinina protege eficazmente contra a gripe.

Não é só prova de educação cuidar do exterior, e mais especialmente do vestuário, como é preciso ainda saber-se que um nariz que escorre e olhos que choram contìnuamente constituem um espectáculo pouco estético, que deve ser evitado.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

DIRECTOR: MANUEL DUARTE GASPAR
ADMINISTRADOR: CARLOS KRUS ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO: NUNO ABRANTES
CORPO REDACTORIAL: SEBASTIÃO MURTEIRA, FRANCISCO MARQUES MAIA, VASCO MENDES DE SOUSA

Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

Granulados de mármores

para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CADAN

Rua D. Estefania, 42

Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:

GALERIA DE PARIS, 42

TELEFONE 2254

Na Redacção da

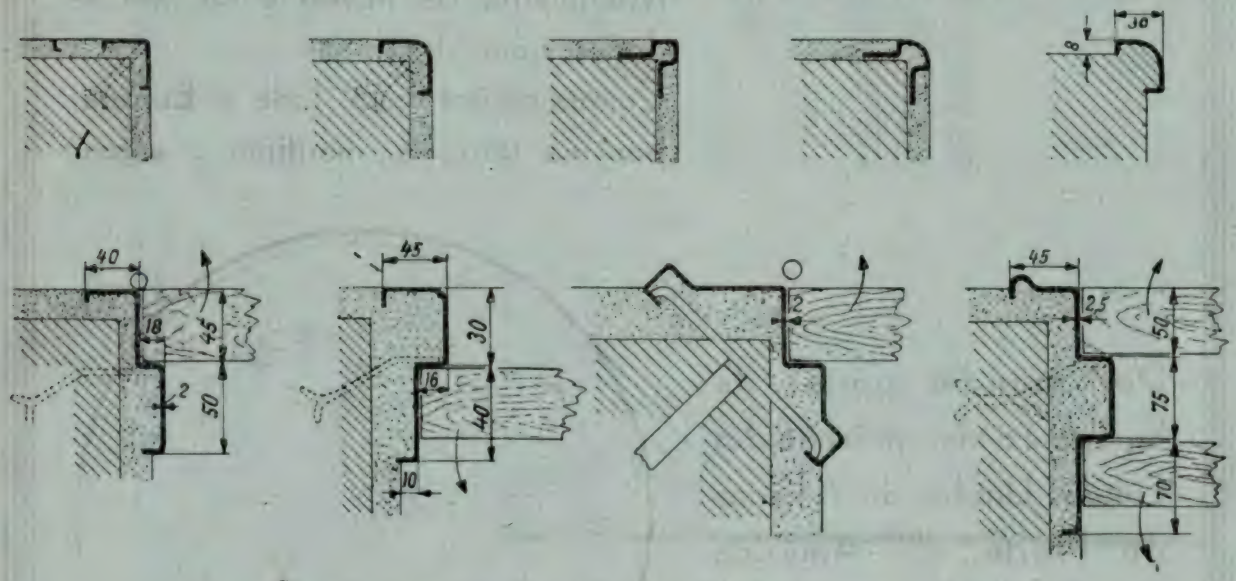
TÉCNICA

COMPRAM-SE

OS NÚMEROS

10, 24, 34, 56, 67-68, 96

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GÉNEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

PÔRTO DE LISBOA

Grande pôrto, pela sua posição geográfica, extensão e profundidade, com excepcionais condições de abrigo.
Cais, docas e aparelhagem com abundância.
Estaleiros de construção e reparação de navios.
Movimento de navios e de mercadorias notável.
Comunicações com tôda a Europa, por via terrestre, marítima e aérea.

Dos grandes portos da Europa é o mais próximo dos Estados Unidos da América do Norte, da América Central, da América do Sul e da África Ocidental.

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.

Transformador trifásico Alsthom — 40.000 kVA, 228.700/8800 volts

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas. Tracção eléctrica. Máquinas para soldadura eléctrica. Automotoras Diesel--Eléctricas. Turbinas de vapor. Máquinas frigoríficas. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc.

THOMSON GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA

Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

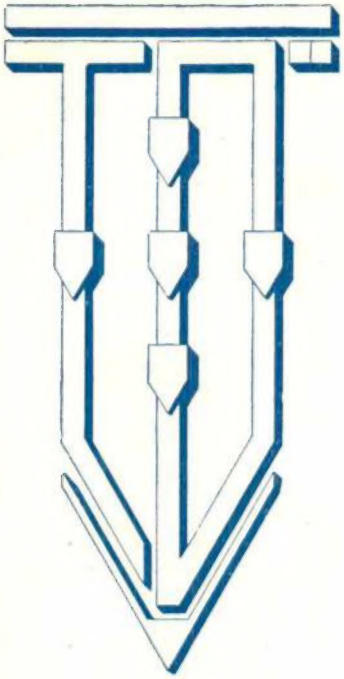
OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva



FUNDAÇÕES GARANTIDAS

Um processo especial para cada caso

Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

Um quarto de século de especialização técnica

Consolidações do solo

Captações de águas

Sondagens geológicas

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA

Rua Augusta, 280, 3.º e 4.º — LISBOA

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

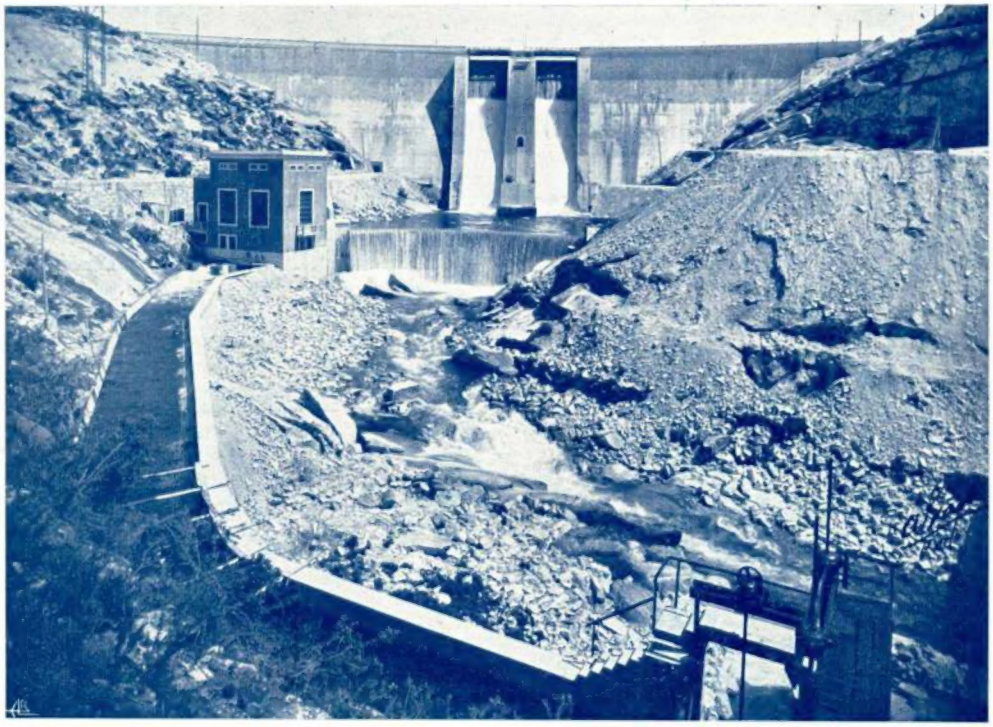
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2 411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.



Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.